Kiefernnadeln als Biomonitoringsystem für den regionalen und globalen Maßstab

1. Immissionsmuster luftgetragener Schwermetalle und Bioelemente in den Regionen Mendoza und Leipzig-Halle

Weissflog, L., Gantuz, M., Wenzel, K.-D., Pfennigsdorff, A., Schüürmann, G.

1. Einleitung

Bioindikatoren sind wichtige Hilfsmittel zur Qualitätsbewertung der verschiedenen Kompartimente der Biosphäre und erlauben die Beobachtung der Langzeitentwicklung in Ökosystemen sowie deren Abhängigkeit von anthropogenen Aktivitäten. So ermöglicht die Bestimmung der Schwermetalle, welche von unterschiedlichen Species der Flora und Fauna akkumuliert wurden, Aussagen über die Belastung des Bodens und die Immissionssituation im Untersuchungsgebiet.

Kiefern wachsen in vielen Teilen der Erde. Nadeln dieser Bäume sind ein geeignetes Biomonitoringsystem zur Bestimmung des Immissionsmusters und der jeweiligen Belastung der Umwelt durch Einzelsubstanzen. Die relativ inerte Wachsschicht der Kiefernnadeln akkumuliert eine Vielzahl organischer Schadstoffe und Schwermetalle (WYTTENBACH et al., WEISSFLOG et al. 1994 a, 1994 b).

Falls die Aufnahme über die Wurzel sowie auch das Leaching durch sauren Regen vernachlässigbare Größen sind, entspricht der Gesamtgehalt eines Schadstoffes in der Kiefernnadel der integrierenden Messung über eine festgesetzte Meßzeit. Durch vergleichende Untersuchungen an Nadeln unterschiedlichen Alters ist es möglich, standortspezifische Aufnahmeunterschiede zu erkennen und diese bei der Interpretation der Gesamtgehalte entsprechend zu berücksichtigen.

2. Methoden

2.1 Probennahme:

Die zwei Biomonitoringgebiete sind in Abb. 1 dargestellt. In Argentinien erfolgte die Beprobung einund zweijähriger Nadeln der drei Kiefernspecies *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra L.* und *Pinus canariensis* L. an nicht belasteten Referenzstandorten in den Anden und in zwei unterschiedlich belasteten Bezirken der Stadt Mendoza im April/Mai 1994. Das Alter der Bäume lag zwischen fünf und 25 Jahren. In Deutschland wurden sechs Standorte in der Region Leipzig-Halle und zwei nicht belastete Referenzstandorte in Nordost- und Mitteldeutschland für vergleichende Untersuchungen ausgewählt. Die entsprechende Beprobung erfolgte dabei pro Standort an vier bis fünf Bäumen (*Pinus sylvestris L.*) im Alter von 7 bis 12 Jahren. Die Nadeln wurden in ca. 1 cm Entfernung vom Zweig mit einer Keramikschere abgeschnitten.

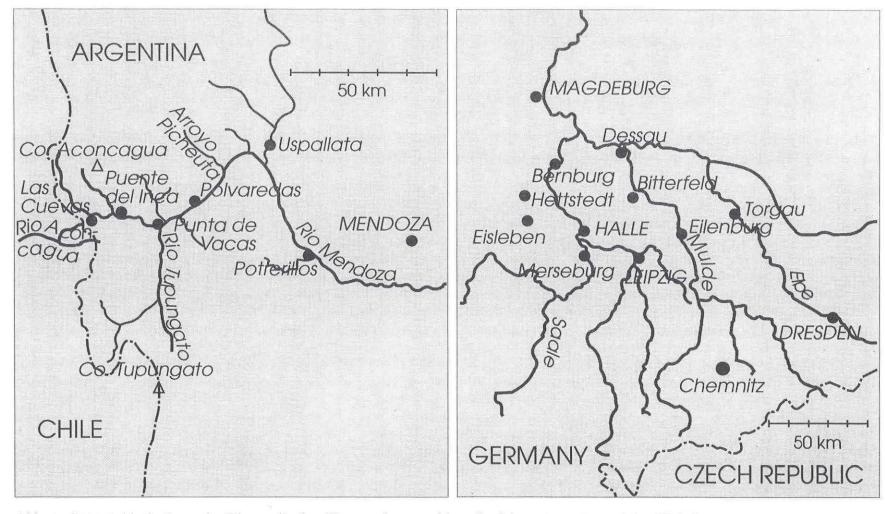


Abb. 1: Geographische Lage der Biomonitoring-Untersuchungsgebiete Groß-Mendoza, Argentinien (links) und Leipzig-Halle, Deutschland (rechts)

2.2 Probenaufarbeitung:

Nach dem Trocknen bei 85°C und Feinvermahlung in einer Achatmühle wurden die Nadelproben unter Verwendung von konz. HNO₃ in einem Mikrowellen-Gerät aufgeschlossen. Die einzelnen Elemente bestimmten wir mit einem ICP-AE Spektrometer und dem NBS-Standard 1575 als Referenzmaterial (PFENNIGSDORFF et al.).

3. Resultate und Diskussion

Die Konzentrationsbereiche von 13 Elementen, welche in Kiefernnadeln argentinischer und deutscher Meßstandorte analysiert wurden, sind in Tab. 1 aufgeführt.

- Wesentliche Differenzen zwischen den deutschen und argentinischen Meßstandorten sind bei deren Gehalt an Ca, Fe, Mg, Mn und Pb festzustellen.
- Der Pb-Gehalt in Kiefernnadeln liegt in der Region Groß-Mendoza im Vergleich mit der Region Leipzig-Halle um eine Größenordnung höher.
 - Dies wird auf die Verwendung von verbleitem Benzin in argentinischen Kraftfahrzeugen zurückgeführt. Die Resultate zeigen, wie drastisch der Einsatz bleifreien Benzins in der Region Leipzig-Halle die anthropogen bedingte Pb-Belastung der Vegetation vermindert
- Der hohe Ca-Gehalt in den Kiefernnadeln der Region Groß-Mendoza wird auf die erhöhte Ca-Aufnahme über den Boden-Wurzel-Pfad aus den Kalkböden dieser Region zurückgeführt.
- Die relativ niedrigen Mn-Gehalte und Mn-Bioverfügbarkeiten der Kalkböden in Deutschland und Argentinien korrelieren mit den niedrigen Mn-Kiefernnadel-Gehalten an diesen Meßpunkten.

Die Hauptkomponentenanalyse der mittleren Elementgehalte an den einzelnen Meßpunkten hilft bei der Diskussion folgender Frage: Gibt es deutliche Übereinstimmungen oder Unterschiede in den Elementkonzentrationen an den verschiedenen Meßorten und wie können diese mit spezifischen Eigenschaften der Elemente und Emissionsquellen zusammenhängen?

Die Analyse der argentinischen und deutschen Datensätze ergibt die Plots in Abb. 2. Das argentinische Elementmuster setzt sich aus vier Gruppen zusammen:

- Ca und Mg werden hauptsächlich auf physiologischem Weg aus den Kalkböden der Region von Groß-Mendoza aufgenommen. Diese Böden vermindern aufgrund ihres pH-Wertes die Bioverfügbarkeit von Mangan.
- K wird im wesentlichen über die Wurzeln aufgenommen.
- Die Zinkgehalte sollten aus der normalen biologischen Aufnahme aus dem Boden und Aerosolen aus dem Straßenverkehr durch Reifenabrieb resultieren.
- A1, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb und V bilden eine Gruppe von Elementen, deren Konzentrationen in den Kiefernnadeln hauptsächlich von luftgetragenen Immissionen geprägt sind. Hier spielen die anthropogenen Quellen Kraftverkehr und aufgewirbelter Straßenstaub eine herausragende Rolle.

Tab 1: Konzentrationsbereiche der einzelnen Elemente [μg/g Trockengewicht (ppm)] in Kiefernnadeln¹

Element	Argentinien 1994		Deutschland 1992	
	Groß-Mendoza	Referenzorte	Leipzig-Halle	Referenzorte
Al				
 Kalkböden 	390 - 1.070	103 - 289	-	70 - 123
andere Böden	*	=	300 - 531	218 - 365
Ca	4695 - 12.700	4275 - 12.200	1.637 - 4.526	1.791 - 4.867
Cd	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Cr	0.3 - 2.6	0,3	n. n 1,1	n. n.
Cu	3,4 - 8,9	2,4 - 3,4	1,9 - 3,5	1,6 - 2,5
Fe	252 - 962	105 - 329	58 - 360	36 - 185
K	3.315 - 8.060	2.835 - 5.810	3.007 - 5.736	3.720 - 4.877
Mg	963 - 1.925	742 - 1.903	424 - 861	438 - 787
Mn				
-Kalkböden	19,2 - 40,8	11,8 - 55,5	15,6 - 26.1	-
-andere Böden -		-	378 - 1.156	387 - 1.241
Ni	0.5 - 1.2	0,3 - 0,7	0,6 - 1,5	0,5 - 0,7
Pb	3,5 - 37,1	0.3 - 2.8	0,3 - 3,4	0,7 - 1,1
V	0,8 - 2,5	0,3 - 0,8	0.4 - 3.2	0,6 - 1.0
Zn	16,6 - 41,5	11,2 - 19,0	29,9 - 51,7	17,4 - 40,2

¹Die Proben enthalten ein-¹ und zweijährige Nadeln verschiedener Kiefernspecies (s. auch Material und Methoden). Die Nachweisgrenzen lagen bei 0,3 ppm. Konzentrationsbereiche darunter werden als nicht nachweisbar bezeichnet. Für Al und Mn werden differenzierte Angaben für Standorte mit Kalkböden und für solche mit anderen Böden gemacht. Diese Angaben werden im Text diskutiert.

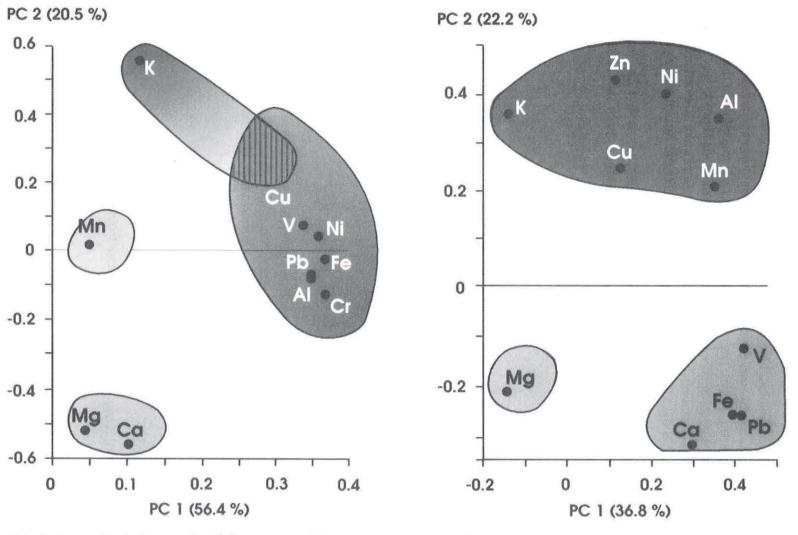


Abb. 2: Elementbeeinflussung durch die ersten zwei Hauptkomponenten der Kiefernnadelkonzentrationen in Groß-Mendoza. Argentinien (links) und Leipzig-Halle, Deutschland (rechts). Cd wurde aufgrund der äußerst niedrigen Konzentrationen nicht bewertet. Cr wurde aus den gleichen Gründen bei der Hauptkomponentenanalyse der deutschen Ergebnisse nicht mitbetrachtet.

Das deutsche Elementmuster weist bei einem Vergleich mit dem der Region Groß-Mendoza eine Anzahl interessanter Unterschiede auf.

- Mg wird wiederum bevorzugt aus dem Boden aufgenommen. Ca gehört dagegen jetzt deutlich zur Gruppe der luftgetragenen Elemente aus anthropogenen Quellen (Braunkohlen-Flugaschen in der Region Leipzig-Halle). Dies verdeutlicht den zweiten Eintragspfad für das Element Ca in die terrestrische Vegetation neben dem der normalen Aufnahme via Wurzel.
- Die hohen Interkorrelationen der Kiefernnadelkonzentrationen der Elemente Fe, Pb und V verdeutlichen, daß die gleichen anthropogenen Quellen für die Aufnahme dieser Elemente verantwortlich sind.
- Die dritte Gruppe setzt sich aus den Elementen A1, Cu, K, Mn, Ni und Zn zusammen. Sie stammen aus biogenen und anthropogenen Quellen und können durch sauren Regen aus der Kiefernnadel ausgewaschen werden.

4. Schlußfolgerung

Die Bioindikation von Schwermetallimmissionsmustern durch Kiefernnadeln ist eine Möglichkeit, zeitlich integrierend die mittlere Luftqualität im regionalen Maßstab zu erfassen.

Die Anwendung der Hauptkomponentenanalyse verdeutlicht das Charakteristische der Elementprofile in der Umgebungsluft und ermöglicht das Erkennen unbelasteter Gebiete, wichtiger Depositionstypen und anthropogener Quellen.

Danksagung

Ein Teil der Untersuchungen wurde innerhalb des deutsch-argentinischen Regierungsabkommens zur Kooperation in Forschung und Technologie durchgeführt und durch das Internationale Büro der GKSS und das Argentinische Wissenschaftsministerium in dankenswerter Weise gefördert (Projekt ENV 15).

Autoren

Ludwig Weissflog, Klaus-Dieter Wenzel, Andrea Pfennigsdorff, Gerrit Schüürmann

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH Sektion Chemische Ökotoxikologie Permoserstraße 15 04318 Leipzig

Miguel Gantuz

Universidad de Mendoza IEMA -Instituto para el Estudios del Medio Ambiente Av. Bolougne Sur Mer 665 5500 Mendoza

Literatur

HERTZ, J.: Bioindicators for Monitoring Heavy Metals in the Environment. In: MERIAN E (ed): Metals and Their Compounds in the Environment. VCH Weinheim 1991, pp. 221-231.

PFENNIGSDORFF, A.; WIENHOLD, K.; WEISSFLOG, L.; SCHÜÜRMANN, G.: Multielementanalyse von Kiefernnadeln als Bioindikationssystem. Ergebnisse für Vanadium und Eisen im Raum Leipzig-Halle. In: DITTRICH, K.; WELZ, B. (eds) CANAS '93, Colloquium Analytische Atomspektroskopie. Universität Leipzig und UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Leipzig 1993, pp. 787-792.

Weissflog, L.; Wienhold, K.; Wenzel, K.-D.; Schüürmann, G.: Ökologische Situation der Region Leipzig-Halle. I. Immissionsmuster luftgetragener Schwermetalle und Bioelemente. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6/1994, S. 75-80 (1994a).

Weissflog, L., Rolle, W., Wenzel, K.-D., Kühne, R., Schüürmann, G.: Ökologische Situation der Region Leipzig-Halle. II. Modellierung der Partikelgröße der Flugstäube. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6/1994, S. 135-138 (1994b).

Weissflog, L.; Paladini, E.; Gantuz, M.; Puliafito, J. L.; Puliafito, S.; Wenzel, K.-D.; Schüürmann, G.: Immission patterns of airborne pollutants in Argentina and Germany - I. First results of a heavy metal biomonitoring. Fresenius Environ. Bull. 3/1994, pp. 728-733.

WYTTENBACH, A.; BAJO, S.; TOBLER, L.; KELLER, Th.: Major and trace element concentrations in needles of Picea abies: levels, distribution functions, correlations and environmental influences. Plant and Soil 85/1985, pp. 313-325.

Abbildungen

Abb. 1 Geographische Lage der Biomonitoring-Untersuchungsgebiete Groß-Mendoza, Argentinien (links) und Leipzig-Halle, Deutschland (rechts).

Abb. 2 Elementbeeinflussung durch die ersten zwei Hauptkomponenten der Kiefernnadelkonzentrationen in Groß-Mendoza, Argentinien (links) und Leipzig-Halle, Deutschland (rechts). Cd wurde aufgrund der äußerst niedrigen Konzentrationen nicht bewertet; Cr aus den gleichen Gründen bei der Hauptkomponentenanalyse der deutschen Ergebnisse nicht mitbetrachtet. Nr. 3/1997

Regionalökologie

Tagungsbericht und wissenschaftliche Beiträge des Deutsch-Argentinischen Workshops Mendoza - Argentinien

Brigitte Großer (Hrsg.)