

Immissions-Wirkungsmessungen Kfz-bedingter Schadstoffe mit Bioindikatoren an einer Autobahn

Willfried Nobel, Reinhard Kostka-Rick & Harald Bartholmeß

Zusammenfassung

Mit dem Ziel, die aktuelle Belastung durch verkehrsbedingte Metall-Immissionen an einer verkehrsreichen Autobahn wirkungsbezogen zu erfassen und die Effizienz standardisierter Bioindikationsmethoden bei der Überwachung typischer Verkehrsimmissionen zu ermitteln, wird seit 1996 eine Biomonitoringstudie an der Autobahn A 8 (Stuttgart – Ulm, zwischen den Anschlussstellen Wendlingen und Kirchheim-West, Baden-Württemberg, Deutschland, ca. 75.000 Kfz/d) durchgeführt.

Berichtet werden hier die Ergebnisse mit dem „Verfahren der standardisierten Graskultur“ (VDI 3957-2 mit *Lolium multiflorum* var. *italicum*) und dem „Verfahren der standardisierten Flechtenexposition“ (VDI 3799-2 mit *Hypogymnia physodes*). Beide Verfahren waren im Luv und Lee (Hauptwindrichtung Südwest) in unmittelbarer Nähe zur 6-spurigen Fahrbahn exponiert. Chemisch-analytisch bestimmt wurden in den Pflanzenproben die Metalle Blei (Pb), Cadmium (Cd), Kupfer (Cu), Antimon (Sb), Platin (Pt) und Rhodium (Rh).

Die Konzentrationen von Sb, Pt, Pb und Cu waren im Lee der Autobahn (Nord) stets höher als im Luv (Süd); dies galt nicht für Cd. In den für ein Jahr Dauer exponierten Flechten lagen die Metallkonzentrationen stets deutlich über denen in den Graskulturen (10 Serien zu je 14 Tagen), insbesondere für Pb, Pt und Rh. Im Vergleich zu Referenzwerten aus ländlichen Gebieten oder gefilterter Luft sind die Sb- und Pt-Konzentrationen deutlich erhöht und dem Kfz-Verkehr als Emissionsquelle zuzuordnen, während die Pb-Gehalte generell nur wenig erhöht sind und eher wieder aufgewirbelten Ablagerungen aus zurückliegenden Anreicherungen als aktuellen Emissionen zuzuschreiben sind.

Der Einsatz von pflanzlichen Bioindikatoren in Form standardisierter Verfahren liefert zuverlässige Ergebnisse und ermöglicht schlüssige Interpretationen, sofern belastbare Vergleichswerte aus der Literatur vorliegen.

Schlüsselwörter: Blei; Antimon; Platin; Kupfer; Bioindikatoren; Biomonitoring; Graskultur; Flechten; Standardisierte Verfahren; Verkehrsemissionen; Autobahn; Kfz-Verkehr

1 Einleitung

Zivilisationsbedingt gelangen Schadstoffe in die Umwelt, so auch Emissionen des Kfz-Verkehrs. Die Detektion kann mittels Umweltbeobachtung, Umweltmonitoring oder Biomonitoring erfolgen. Im vorliegenden Fall erfolgten Wirkungsmessungen mit Bioindikatoren an der Autobahn A 8 (ARNDT et al. 1987; VDI 3957-1; LFU 1999).

2 Das Bioindikationsmessfeld Tachenhausen

An der Autobahn A 8 (Stuttgart – Ulm) werden ca. 20 km südöstlich von Stuttgart zwischen den Anschlussstellen Wendlingen und Kirchheim-West seit 1997 Immissions-Wirkungsmessungen mit Bioindikatoren durchgeführt. Die A 8 ist hier 6-spurig ausgebaut, die Verkehrsmengen betragen ca. 75.000 Kfz/24 Stunden. Die A 8 grenzt unmittelbar an den Landwirtschaftlichen Versuchsbetrieb Tachenhausen der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU). Es wurden zwei Bioindikator-Stationen eingerichtet, jeweils nördlich und südlich der Autobahn in einem Abstand von ca. 5 Metern vom Fahrbahnrand. Die vorherrschenden Windrichtungen der nächstgelegenen Messstationen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Bernhausen und Plochingen liegen um Süd bis Südwest. (siehe Abb. 1).

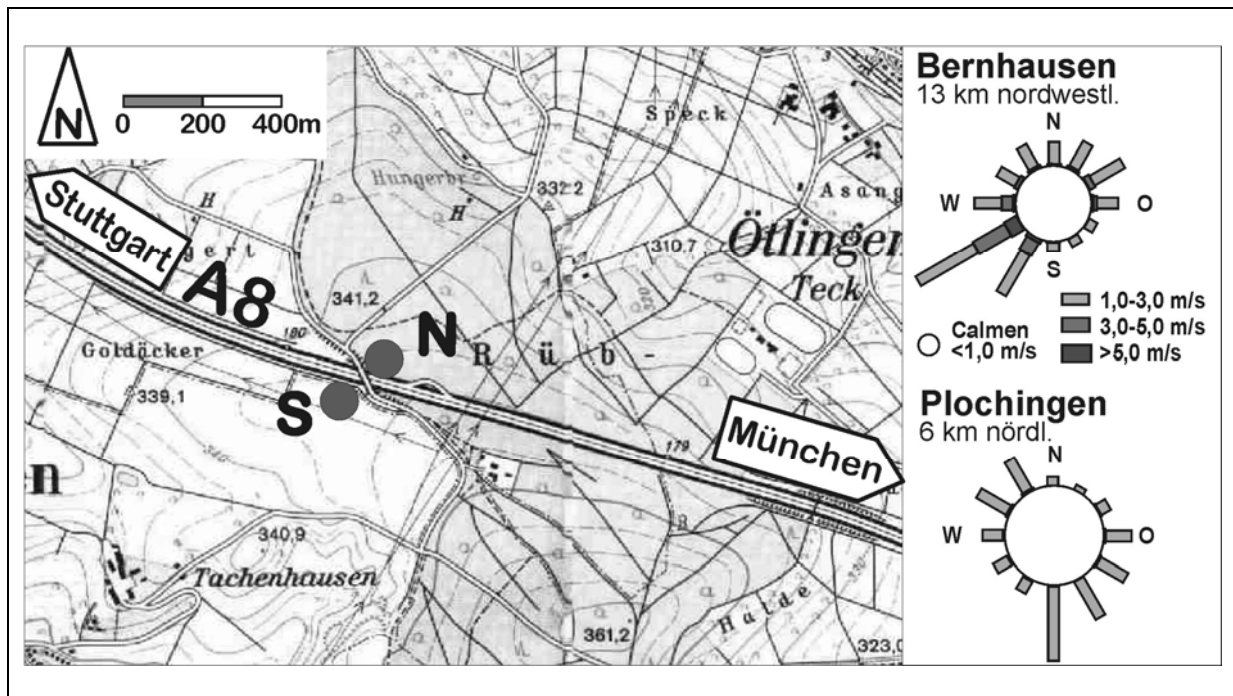


Abb. 1: Lage des Standorts mit den beiden Stationen (N = Nord und S = Süd) an der Autobahn A 8 im Bereich Wendlingen – Kirchheim, ca. 20 km südöstlich von Stuttgart. Die Windrosen repräsentieren die nächstgelegenen Messstationen (Datenquellen: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg). Die vorherrschende Windrichtung ist Süd bis Südwest.

3 Methoden

3.1 Das Untersuchungsprogramm seit 1996

Das Untersuchungsprogramm seit 1996 mit dem Verfahren der standardisierten Graskultur (VDI 3957, Blatt 2, mit Welschem Weidelgras *Lolium multiflorum* var. *italicum*) und dem Verfahren der standardisierten Flechtenexposition (VDI 3799, Blatt 2, mit der Blattflechte *Hypogymnia physodes*), den ermittelten Parametern und der jeweiligen Einsatzdauer sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bild 2 zeigt an der Autobahn A 8 exponierte Flechten auf Flechtenbrettern (links) und Flechtenrädern (Mitte) sowie exponierte Graskulturen (rechts).

Tab. 1: Auswahl der eingesetzten Bioindikationsverfahren, ermittelte Parameter und Einsatzdauer während des Monitoringprogramms an der A 8 zwischen 1997 und 2004.

Bioindikations-Verfahren	Ermittelte Parameter	Expositions-Dauer	Einsatzjahr
Standardisierte Graskultur VDI 3957 Blatt 2	Anreicherung von Pb, Cd, Cu, Sb, Pt, Rh	10 x 14 Tage Mitte Mai – Ende September	1997 – 2000 / 2004
Standardisierte Flechtenex- position VDI 3799 Blatt 2	Anreicherung von Pb, Cd, Cu, Sb, Pt, Rh	1 x 360 Tage Oktober – Oktober	1997 – 2004



Abb. 2: An der Autobahn A 8 exponierte Flechten auf Flechtenbrettern (links) und auf Flechtenrädern (Mitte) sowie exponierte standardisierte Graskulturen (rechts).

3.2 Die untersuchten Metalle und chemische Analytik

Die untersuchten Metalle können wie folgt charakterisiert werden (LFU, 1999): Blei ist im Otto-Kraftstoff enthalten. Cadmium entstammt dem Materialabrieb von Reifen, Lacken oder Korrosionsschutz. Kupfer gilt allgemein als „Zivilisationsindikator“ und findet sich in Brems- und Kupplungsbelägen. Antimon wird aus Brems- und Kupplungsbelägen sowie dem Reifenabrieb freigesetzt. Die Edelmetalle Platin und Rhodium sind Elemente der Dreiwegekatalysatoren, wo sie im Verhältnis 6:1 verarbeitet werden. Über die Summe von Blei plus Cadmium plus Antimon kann der so genannte städtische Belastungstyp („urban factor“) beschrieben werden.

Zur chemischen Analyse werden die Gras- oder Flechtenproben bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend mit Mikrowelle bei ca. 270 °C und 75 bar aufgeschlossen. Pb, Cd, Cu und Sb werden atomabsorptionsspektroskopisch durch AAS mit Hybridtechnik bestimmt. Bei Pt und Rh erfolgt die polarographische Bestimmung durch Polarographie mit invers voltametrischem Verfahren (DPCSV)

3.3 Berechnung und Auswertung der Ergebnisse

Aufgrund der deutlich vorherrschenden Windrichtung um Süd bis Südwest liegt die Station Nord im Lee der Autobahn und ist damit den verkehrsbedingten Immissionen stärker ausgesetzt als die Station Süd.

Die Exposition der Graskulturen und Flechtenbretter (bis 2000) bzw. Flechtenräder (ab 2001) erfolgte jeweils ca. 5 m vom äußeren Rand des Standstreifens entfernt. Bei der Flechtenexposition wurden bis zum Jahre 2000 jeweils Mittelwerte der getrennt ermittelten Konzentrationen von der Fahrbahn zugewandten und abgewandten Flechtenbrettern berechnet.

Die Relation der Metallgehalte zwischen den Stationen Nord und Süd wurde auf der Basis von Jahreswerten berechnet und über alle Untersuchungsjahre gemittelt (geometrischer Mittelwert). Mittels T-Test wurde die Abweichung von 1,0 geprüft (einseitiger Test, ungleiche Varianzen), wobei die Untersuchungsjahre als Wiederholungen genutzt wurden.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Metallanalysen in den Flechtenexponaten und Graskulturen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Neben den Elementgehalten an der Süd- und Nord-Station sind auch die Relationen zwischen Nord und Süd angegeben. Ist dieses Verhältnis größer 1, haben die Bioindikatoren nördlich der Autobahn mehr angereichert als südlich, womit ein Hinweis auf die Autobahn als Quelle gegeben ist (s. Tab. 2).

4.1 Flechten

Die Ergebnisse der Metallgehalte in den Flechtenexponaten sind als Zeitreihen der einzelnen Elemente in Abbildung 3 dargestellt (siehe Abb. 3)

Als Vergleichswerte (straßennah, verkehrsbeeinflusst) für die Metallgehalte in Flechten (*Hypogymnia physodes* bzw. verschiedene Blattflechtenarten) wurden veröffentlichte Daten aus Untersuchungen herangezogen, die seit 1997 durchgeführt worden waren (KOSTKA-RICK et al. 2001; JERAN et al. 1996, BENNETT 2000, GARTY et al. 2003, AUGUSTO et al. 2003, POLICNIK et al. 2003, CUNY et al. 2003, HERZIG 2003). Im Vergleich zu älteren Studien von 1982 bis 1996 lagen die Mittel- bzw. Medianwerte dieser aktualisierten Vergleichsdaten um rund 20 % (Pb), 28 % (Sb) bzw. 36 % (Cd) niedriger, für Cu waren sie weitgehend unverändert. Für Pt lagen nur Vergleichsdaten aus der Zeit nach 1997 vor, für Rh-Gehalte in Flechten wurden keine entsprechenden Vergleichsdaten gefunden.

Die Pb-Konzentrationen unterscheiden sich zwischen N und S stets nur geringfügig, dennoch sind die Relationen N/S signifikant von 1,0 verschieden ($p = 0,01$). Der abnehmende Trend ist nur schwach, die Hauptabnahme der Bleibelastung lag eindeutig vor dem Jahr 1997. Die Vergleichsdaten belegen, dass sich die Pb-Konzentrationen vom typischen Niveau straßennaher Belastungen

(Vergleichsdaten von 1997 bis ca. 2000) zunehmend in den Konzentrationsbereich der Hintergrundgehalte bewegen.

Die Unterschiede der Cd-Konzentrationen zwischen NORD und SÜD sind jedoch nicht signifikant ($p = 0,267$). Die Cd-Konzentrationen zeigen zwischen 1997 und 2001 einen überraschend deutlichen abnehmenden Trend, seither finden sich weitgehend konstante Konzentrationen. Die aktuellen Konzentrationen liegen im Bereich typischer Cd-Konzentrationen in straßennahen Flechten, die erstaunlicherweise nicht höher, sondern eher etwas niedriger sind als die Hintergrundgehalte. Zusammengenommen spricht dies dafür, dass Cd kein Kfz-bürtiges Element ist.

Tab. 2: Elementkonzentrationen von an Schwermetallen und Edelmetallen in exponierten Graskulturen und Flechten an zwei Stationen (Süd, Nord) im Nahbereich der Autobahn A 8 sowie Relation der Elementgehalte zwischen beiden Standorten, berechnet als geometrischer Mittelwert über 4 Jahre (Graskultur) bzw. 8 Jahre (Flechten). Fett und *kursiv* hervorgehoben sind Nord/Süd-Relationen, die signifikant größer als 1,0 sind (T-Test, $p < 0,05$, Symbol *).

Metall	Standardisierte Graskultur 1997-2000				standardisierte Flechtenexposition 1997-2004			
	Elementkonzentr. ng/g TG		Relation NORD/SÜD		Elementkonzentr. ng/g TG		Relation NORD/SÜD	
	Station SÜD	Station NORD	Mittel- wert	Standard -abwei- chung	Station SÜD	Station NORD	Mittel- wert	Standard -abwei- chung
Blei	906	1.390	1,60*	0,38	29.900	34.100	1,15*	0,14
Cadmium	324	311	1,05	0,19	1.050	1.110	1,04	0,28
Kupfer	8.420	9.640	1,14*	0,02	30.300	43.200	1,44*	0,28
Antimon	385	610	1,48*	0,29	2.590	5.400	2,13*	0,39
Platin	1,03	1,98	1,66	0,79	8,6	13,3	1,49	1,17
Rhodium	0,29	0,26	0,90	0,34	0,86	1,37	1,48	1,07

Die Cu-Konzentrationen sind an der NORD-Station statistisch gesichert ($p = 0,0013$) höher als an der SÜD-Station. Zwischen 1997 und 2004 ist ein leicht positiver Trend der Cu-Konzentrationen zu beobachten. Die Konzentrationen liegen im Bereich typischer Cu-Konzentrationen straßennah wachsender Flechten; die Cu-Hintergrundgehalte liegen deutlich (ca. Faktor 3) niedriger. Cu ist deutlich Kfz-bürtig; Quellen für partikuläres Kupfer sind unter anderem – ähnlich wie bei Antimon – Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen, die erhebliche Cu-Anteile enthalten (MUSCHAK 1990, GARG et al. 2000, STERNBECK et al. 2002, HJORTENKRANS 2003).

Die Antimon-Konzentrationen zeigen die deutlichste Differenzierung zwischen den Stationen NORD und SÜD ($p = 0,00004$). Sie zeigen einen deutlich ansteigenden Trend, vor allem zwischen 1997 und 2001, seither bleiben sie

eher konstant. Die Werte liegen im oberen Bereich von straßennahen Referenzwerten bzw. darüber. Gegenüber den Hintergrundgehalten in Flechten sind die Sb-Gehalte um das 10- bis über 20-Fache erhöht.

Die Platin-Gehalte liegen meist – aber nicht immer – an der Station NORD höher als an der Station SÜD. Aufgrund der starken Schwankungen der N/S-Relationen ist diese nur schwach-signifikant höher als 1,0 ($p = 0,052$). Der Zeitverlauf 1997 bis 2004 zeigt einen deutlichen Anstieg (bis 2001) und dann überraschenderweise einen Rückgang auf das Niveau von 1997. Die Werte liegen im (oberen) Bereich von Vergleichswerten straßennah wachsender Flechten oder darüber und deutlich (Faktor 3 bis 20) über den Hintergrundgehalten.

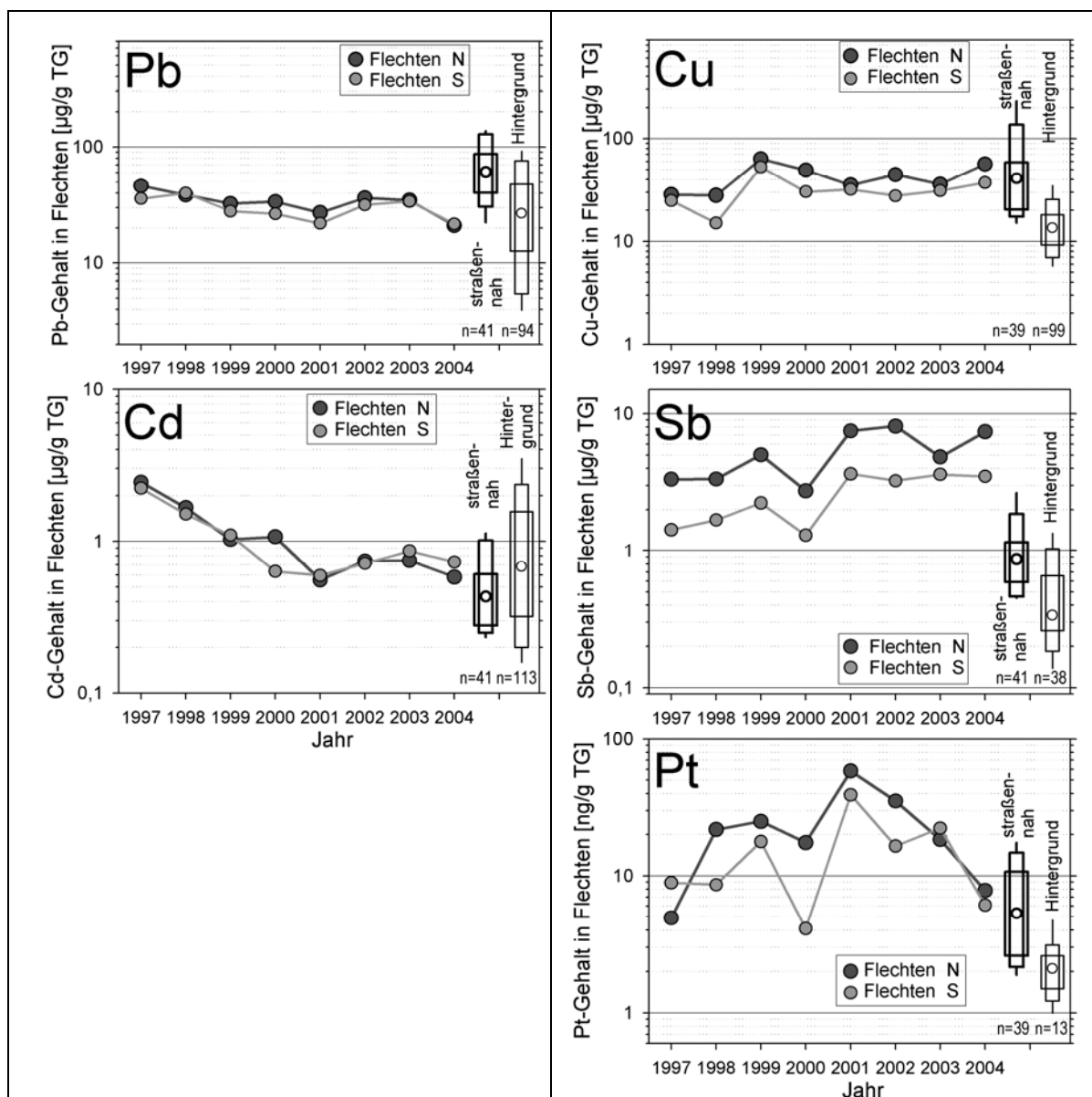


Abb. 3: Metallgehalte in exponierten Flechten an den beiden Stationen N (= Nord im Lee der Autobahn) und S (= Süd im Luv der Autobahn) im Verlauf der Untersuchungsjahre 1997 bis 2004. Vergleichsdaten aus der Literatur (straßennahe Referenzorte, Hintergrund) sind als Box-Whisker-Plots dargestellt (von oben nach unten: 95-, 90-, 75-, 25-, 10-, 5-Perzentil; Kreissymbol: Median).

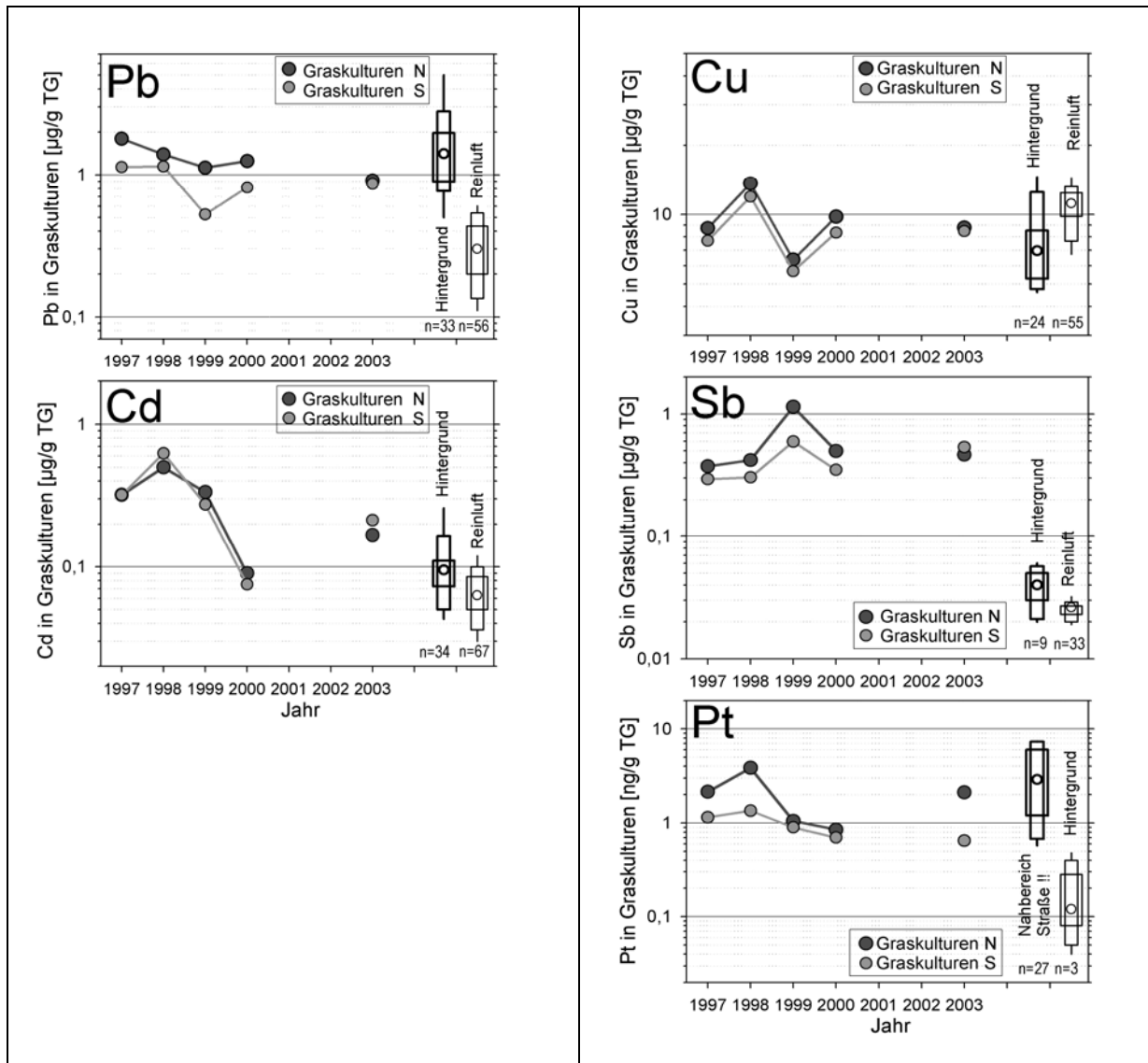


Abb. 4: Metallgehalte in exponierten Graskulturen an den Stationen N (= Nord im Lee der Autobahn) und S (= Süd im Luv der Autobahn) im Verlauf der Untersuchungsjahre 1997 bis 2000 und 2003 (2 je 4-wöchige Serien). Vergleichsdaten aus der Literatur (unbelasteter Hintergrund; für Pt: Daten aus Nahbereich Straße bzw. Autobahn) und von Graskulturen unter Reinluftbedingungen (Open-Top-Kammer; für Pt: straßenferne Hintergrundwerte) sind als Box-Whisker-Plots dargestellt (von oben nach unten: 95-, 90-, 75-, 25-, 10-, 5-Perzentil; Kreissymbol: Median).

4.2 Graskultur

Die Ergebnisse der Metallkonzentrationen in den Graskulturen sind als Zeitreihen der einzelnen Elemente in Abbildung 4 dargestellt.

Reinluftwerte für Graskulturen wurden in gefilterter Luft (Staubfilter, Aktivkohlefilter) in Open-Top-Kammern ermittelt. Quellen für Vergleichsdaten in Graskulturen finden sich bei VDI 3957-2, VON DER TRENCK (2003), WÄBER et al. (1996) und LASCHKA et al. (1999).

Bei Antimon sind – ähnlich wie bei der Flechtenexposition – die Unterschiede zwischen NORD und SÜD am deutlichsten ausgeprägt. Die Sb-Gehalte liegen

sehr deutlich (Faktor ≥ 10) über Hintergrundwerten und noch deutlicher über Reinluftwerten.

Bei Platin wurden aufgrund fehlender Daten aus Reinluft-Gras, als Vergleichsdaten einerseits Hintergrundwerte und andererseits Werte aus straßennah exponierten Graskulturen des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz (WÄBER et al. 1996, LASCHKA et al. 1999) und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LFU 1999, VON DER TRENK 2003) genutzt: Die ermittelten Pt-Gehalte stimmen gut mit den veröffentlichten Werten überein, Hintergrundwerte liegen um den Faktor 10 bis 20 niedriger.

5. Fazit und Ausblick

Die Immissions-Wirkungsmessungen Kfz-bedingter Schadstoffe mit Bioindikatoren an der Autobahn A 8 zwischen 1996 und 2004 lassen folgende Schlussfolgerungen erkennen:

1. Die Flechten akkumulieren die Metalle deutlich stärker als die Graskulturen (100:1 / 10:1 / 5:1). Blei und Cadmium zeigen einen eher abnehmenden Trend, Platin und Kupfer sind eher gleich bleibend, während Antimon eine zunehmende Tendenz aufweist. Insgesamt zeigt Antimon ein erhöhtes Anreicherungs-Niveau.
2. Aufgrund der signifikant höheren Anreicherung der Metalle in den Proben nördlich der Autobahn gegenüber denen südlich der Autobahn können Blei, Kupfer und Antimon tendenziell auch Platin dem Kfz-Verkehr zugeschrieben werden.
3. Mit Flechten als Bioindikatoren können Aussagen über eine Belastung der Vegetation getroffen werden und mit der Graskultur über die Futtermittelkette auch eine Abschätzung der Belastung von Tieren.
4. Standardisierte Bioindikationsverfahren sind die einzige Möglichkeit für ein Langzeitmonitoring im Sinne einer ökologischen bzw. ökosystemaren Umweltbeobachtung und Umweltüberwachung.
5. Wünschenswert wäre ein Biomonitoring, mit dem vom Umfang her statistisch gesicherte Ergebnisse erhalten werden können. -Ebenso ist die zuverlässige chemische Analytik von Spurenelementen, insbesondere Edelmetallen, eine Voraussetzung für die Umweltbeobachtung mit Bioindikatoren..

Danksagung

Die chemischen Analysen wurden im Institut für chemische und Umweltanalytik der Hochschule Reutlingen durchgeführt; wir danken Herrn Prof. Dr. Wolfgang Honnen und Dipl.-Ing. (FH) Thomas Blum.

Literatur

- ARNDT, U., NOBEL, W. & SCHWEIZER, B. (1987): Bioindikatoren – Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. – Stuttgart: Ulmer, 388 S.
- AUGUSTO, S., BRANQUINHO, C., PEREIRA, M. J., SOARES, A. & CATARINO, F. (2003): Evaluation of atmospheric air pollution using lichens: A multi-pollutant approach. – 3rd International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution, Bled, Slovenia, Sept 21-25, 201.1.
- BENNETT, J. P. (2000): Statistical baseline values for chemical elements in the lichen *Hypogymnia physodes*. – In: Agrawal, S. B. & Agrawal, M. (Eds.): Environmental Pollution and Plant Responses, 343-353. – Boca Raton: Lewis.
- CUNY, D., DAVRANCHE, L., THOMAS, P., KEMPA, M. & VAN HALUWYN, C. (2003): Comparison of trace element concentrations (between 1995 and 2002) in lichens collected in a highly industrialized area in northern France – Intergration in risk assessment strategy. – 3rd International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution, Bled, Slovenia, Sept 21-25, 501.1.
- GARG, B. D., CADLE, S. H., MULAWA, P. A., GROBLICKI, P. J., LAROO, C. & PARR, G. A. (2000): Brake wear particulate matter emissions. – Environ. Sci. Technol. 34: 4463-4469.
- GARTY, J., TOMER, S., LEVIN, T. & LEHR, H. (2003): Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel. – Environ. Res. 91: 186-198.
- HERZIG, R. (2003): Biologisches Luftqualitätsmonitoring Region Thun-Spiez 2001/02 – Istzustand der aktuellen Luftbelastung als Grundlage für die Erfolgskontrolle der Luftreinhaltemaßnahmen. Kurzfassung des Schlussberichtes mit spezieller Berücksichtigung von Spiez. – AVAG Stadt Thun.
- HJORTENKRANS, D. (2003): Diffuse metal emissions to air from road traffic – A case study of Kalmar, Sweden. – ESS Bulletin 1 (1): 1-17.
- JERAN, Z., JACIMOVIC, R., BATIC, F., SMODIS, B. & WOLTERBEEK, H. TH. (1996): Atmospheric heavy metal pollution in Slovenia derived from results for epiphytic lichens. – Fresenius J. Anal. Chem. 354: 681-687.
- KOSTKA-RICK, R., LEFFLER, U. S., MARKERT, B., HERPIN, U., LUSCHER, M. & LEHRKE, J. (2001): Biomonitoring zur wirkungsbezogenen Ermittlung der Schadstoffbelastung in terrestrischen Ökosystemen. – UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 12 (1): 5-12.
- LASCHKA, D., NACHTWEY, M., WÄBER, M., DIETL, C. & PEICHL, L. (1999): Biomonitoring verkehrsbedingter Platin-Immissionen. – In: Zereini, F. & Alt, F. (Hrsg.): Emissionen von Platinmetallen – Analytik, Umwelt- und Gesundheitsrelevanz, Chap. 3.5, 181-189. – Berlin: Springer.
- LFU – LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1999): Wirkungen von Emissionen des Kfz-Verkehrs auf Pflanzen und

- die Umwelt – Literaturstudie. – Karlsruhe, 201 S. (Ökologische Umweltbeobachtung; Bd. 1).
- MUSCHAK, W. (1990): Pollution of street run-off by traffic and local conditions. – *Sci. Total Environ.* 93: 419-431.
- POLICNIK, H., RIBARIC, L. & BATIC, F. (2003): Monitoring of short term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). – 3rd International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution, Bled, Slovenia, Sept 21-25, 218.1.
- STERNBECK, J., SJÖDIN, A. & ANDREASSON K. (2002): Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension – results from two tunnel studies. – *Atmos. Environ.* 36: 4735-4744.
- VDI-RICHTLINIE 3799 BLATT 2: Messen von Immissionswirkungen. Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten. Verfahren der standardisierten Flechtenexposition. – Berlin: Beuth-Verl., Oktober 1991/März 2003.
- VDI-RICHTLINIE 3957 BLATT 1: Biologische Messverfahren zur Ermittlung u. Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Grundlagen und Zielsetzung. – Berlin: Beuth-Verl., 05/ 1999.
- VDI-RICHTLINIE 3957 BLATT 2: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Verfahren der standardisierten Graskultur. – Berlin: Beuth-Verl., Januar 2003.
- VON DER TRENCK, K.-T. (2002): Environmental platinum – A current problem? – EUROBIONET 2002, Hohenheim (Poster).
- WÄBER, M., LASCHKA, D. & PEICHL, L. (1996): Biomonitoring verkehrsbedingter Platin-Immissionen – Verfahren der standardisierten Graskultur im Untersuchungsgebiet München. – *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 8 (1): 3-7.

Adressen der Autoren

Prof. Dr. Willfried Nobel (Korrespondenz)
 Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)
 Postfach 1349, D - 72603 Nürtingen
 Tel. +49 (0)7022 201-327. Fax +49 (0)7022 201-365
 E-Mail: willfried.nobel@hfwu.de

Dr. Reinhard Kostka-Rick
 Biologisch Überwachen und Bewerten
 Langwiesenstr. 41, D - 70771 Leinfelden-Echterdingen
 E-Mail: kostka-rick@biomonitoring.com

Dr. Harald Bartholmeß
 Umweltberatung
 Schachtelhalmweg 48, D - 70599 Stuttgart
 E-Mail: 1086-706@online.de