

## UMWELTVERHALTEN VON CHEMIKALIEN IN EINEM TERRESTRISCHEN ÖKOSYSTEMAUSSCHNITT: EFFEKTE AUF PFLANZLICHE MAKRONÄHRELEMENTE

Rudolf Vincena, Anke Marcinkowski, Hans Schallnaß und Thomas Knacker

### ABSTRACT

Intact soil cores extracted from a brown soil of natural grassland were stored in a greenhouse and treated with Lindane or Na-Pentachlorophenole at two concentration levels. The leachate of the microcosms was collected and the soil solution of top soil layers extracted to determine the concentration of the following ions: nitrate, phosphate, potassium, magnesium and calcium. Samples were taken before applying the pesticides and after a twelve week exposure period; additional leachate samples were taken at intervals of four weeks. Significant differences between the macronutrient contents of the treated soil cores and the control could not be detected. However, the results showed that, except for calcium in the soil solution, the nutrient content of both, the leachate samples and the soil solution changed during the period of the experiment. The most obvious changes were observed when measuring the nitrate content in the leachate.

keywords: *microcosms, plant nutrients, soil, leaching*

### EINLEITUNG

Zur Abschätzung möglicher Einwirkungen der Prüfsubstanzen Lindan und Na-Pentachlorphenol (PCP) in terrestrischen Ökosystemausschnitten (Mikrokosmen) wurde der Gehalt der pflanzlichen Makronährelemente Nitrat, Kalium, Magnesium und Calcium im Sickerwasser und im wässrigen Bodenextrakt bestimmt; außerdem wurde im Bodenextrakt der Phosphatgehalt ermittelt.

Die Messung der Makronährelemente als integrierender Systemparameter erlaubt Rückschlüsse auf zentrale Bestandteile und Leistungen eines Ökosystems wie Mineralisierung und Bioretention (ULRICH 1988). Diese Parameter können wesentliche Kriterien für die Beurteilung einer durch Chemikalien ausgelösten Schädigung eines Ökosystems liefern (WEIDEMANN et al. 1987).

### MATERIAL UND METHODE

Die Ökosystemausschnitte sind Bodensäulen mit einem Durchmesser von 18 cm und einer Höhe von 60 cm. Sie wurden ohne Störung des Bodengefüges und unter Beibehaltung der natürlichen Vegetation einer nördlich von Frankfurt gelegenen Tal-Glatthaferwiese (*Arrhenatheretum elatioris* Assoziation) entnommen. Der Boden ist eine Parabraunerde aus Lößlehm. Der pH-Wert des Ap-Horizontes betrug 5,8. Nach dem Transport ins Gewächshaus wurden diejenigen Bodensäulen, die Staunässe oder zu raschen Ablauf des Beregnungswassers zeigten, verworfen. Jeweils 8 Bodensäulen wurden zusammen in einer Halterung aufgestellt und so temperiert, daß sich ab einer Bodentiefe von ca. 20 cm eine Bodentemperatur von etwa 10 °C einstellte. Als Prüfsubstanzen wurden Lindan bzw. Na-Pentachlorphenol in je zwei Konzentrationen eingesetzt und in folgenden Mengen appliziert: Lindan N 0,05 g/m<sup>2</sup>, Lindan H 0,25 g/m<sup>2</sup>, Na-PCP N 1 g/m<sup>2</sup>, Na-PCP H 5 g/m<sup>2</sup>. Eine ausführliche Beschreibung des Ver-

suchsaufbaus ist der in diesem Band abgedruckten Arbeit von KNACKER et al. (1991) zu entnehmen; Angaben zu Vegetation, Boden und Klima des Entnahmestandortes sind in der Arbeit von FÖRSTER (1989) enthalten. Das Sickerwasser (bis zu 300 ml pro Bodensäule) wurde während der 3-monatigen Versuchszeit in vierwöchigem Abstand nach der Zugabe von deionisiertem Wasser innerhalb von 24 h gewonnen. Aus dem Sickerwasser je zweier Bodensäulen wurde eine Mischprobe hergestellt. Insgesamt wurden so pro Behandlungsvariante vier und für die Kontrolle insgesamt acht Proben erhalten. Für Bodenproben aus den oberen 20 cm wurden nach dem gleichen Schema ebenfalls Mischproben hergestellt. Sie wurden während der Entnahme der Bodensäulen im Freiland sowie 12 Wochen nach Applikation der Prüfsubstanzen aus den Mikrokosmen gewonnen.

Zur Bestimmung des Makronährelementgehaltes der oberen Bodenschicht wurde ein Wasserextrakt des luftgetrockneten Bodens in einem Verhältnis von 1:2 (Boden:Wasser) hergestellt. Dazu wurde das Bodenmaterial 24 h geschüttelt, anschließend 10 min. bei 10.000 U/min. zentrifugiert und der Überstand gemessen. Beim Sickerwasser entfielen Aufbereitungsschritte. Die quantitative Bestimmung der unterschiedlichen Ionen erfolgte mit Hilfe der Ionenaustausch-Chromatographie (HPIC; vgl. WEISS 1985). Als statistisches Verfahren zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen Belastungsvarianten und Kontrollen wurde ein nichtparametrisches Testverfahren, der U-Test von MANN und WHITNEY eingesetzt (SACHS 1984).

## ERGEBNISSE

Die Abbildung 1 zeigt den relativen Gehalt der Makronährelemente Kalium und Nitrat (Abb. 1a) sowie Calcium und Magnesium (Abb. 1b) im Sickerwasser über die Versuchsdauer von 12 Wochen in Abhängigkeit von den Belastungsvarianten und der Kontrolle. Für jede Versuchsvariante und für jedes Nährelement wurde die Ionenkonzentration zum Zeitpunkt vor der Applikation gleich 100 % gesetzt. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus den Messungen von 3-8 Mischproben. Signifikante Unterschiede der Belastungsvarianten mit Lindan und Na-Pentachlorphenol gegenüber der Kontrolle ergaben sich nicht. Dennoch treten in Abhängigkeit von der Versuchsdauer deutliche Änderungen bei den Ionengehalten auf: Der Kaliumgehalt erhöht sich und nimmt dann bis zum Versuchsende ab. Der relative Gehalt aller anderen Ionen ist nach 4 Wochen verringert mit Ausnahme des Magnesiumgehaltes bei den Belastungsvarianten PCP N und der Kontrolle. Der Nitratgehalt vermindert sich im Vergleich zu den anderen gemessenen Ionengehalten bis zum Versuchsende am stärksten.

Abbildung 2 zeigt die Makronährelementgehalte im Sickerwasser aller Säulen (Kontrollen und belastete Ökosystemausschnitte). Wie bereits in Abb. 1 zu erkennen war, reduziert sich der Nitratgehalt sehr deutlich, der Kaliumgehalt zeigt nach einem vorübergehenden Anstieg eine geringfügige Abnahme; die Calcium- und Magnesiumgehalte bleiben nach einer anfänglichen Abnahme nahezu unverändert. Die dargestellten Werte sind Mittelwerte aus den Messungen von 19-22 Mischproben. Die Standardabweichung der Mittelwerte ist erheblich: bei Kalium und Nitrat beträgt sie bis zu 149 %, bei Magnesium und Calcium bis zu 64 %.

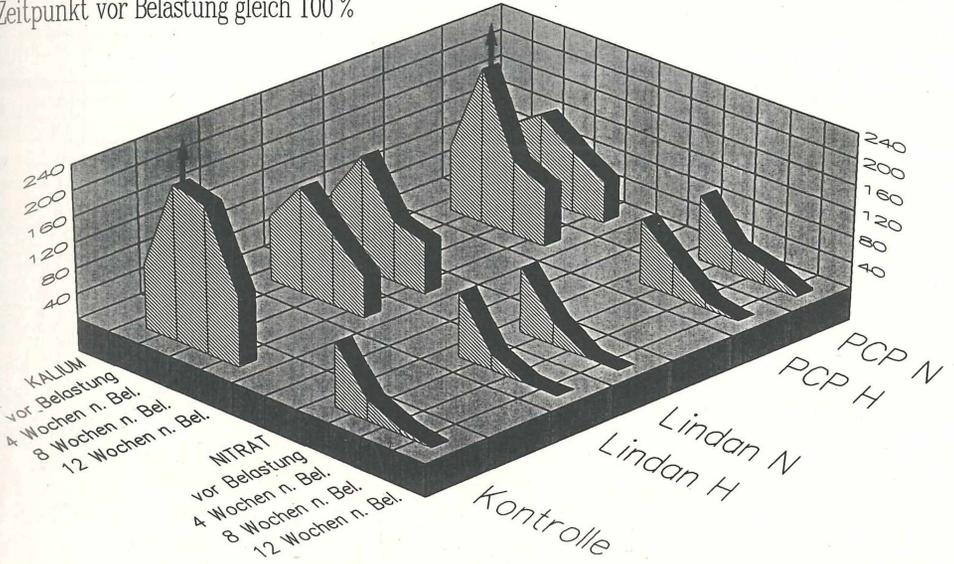
Im wässrigen Bodenextrakt ergeben sich ebenso wie im Sickerwasser keine signifikanten Unterschiede zwischen Belastungsvarianten und Kontrollen. Abbildung 3 zeigt die absoluten Ionengehalte in den Bodenextrakten gemittelt über alle Versuchsvarianten. Im Vergleich zur Messung vor der Applikation der Prüfsubstanzen sind nach einer Expositionsdauer von 12 Wochen die Gehalte an Nitrat, Phosphat und Kalium erhöht und der Gehalt an Magnesium verringert, während der Calciumgehalt unverändert bleibt. Die Standardabweichung der Mittelwerte aus den Messungen von 19-22 Mischproben betrug bis zu 54 %.

## DISKUSSION

Die ermittelten Ionenkonzentrationen sowohl im Sickerwasser als auch in den Bodenextrakten der Ökosystemausschnitte sind vergleichbar mit Ergebnissen, die an ähnlichen Bodentypen gewonnen wurden (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1984, MENGEL 1984). Für die verschiedenen Makronährelementgehalte konnten keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von den Behandlungsvarianten mit Lindan bzw. Na-Pentachlorphenol gefunden werden.

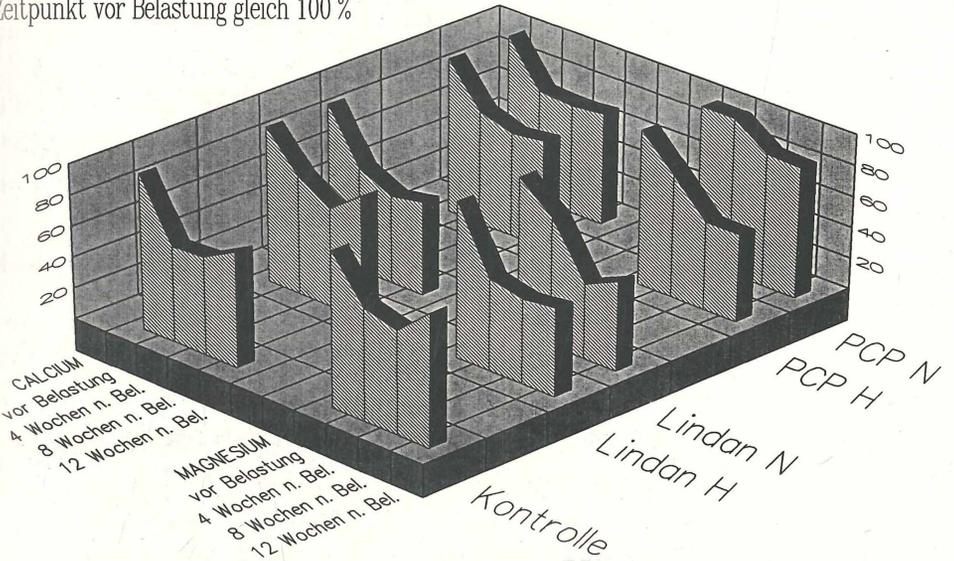
# Relative Kalium- und Nitratgehalte im Sickerwasser

Zeitpunkt vor Belastung gleich 100 %



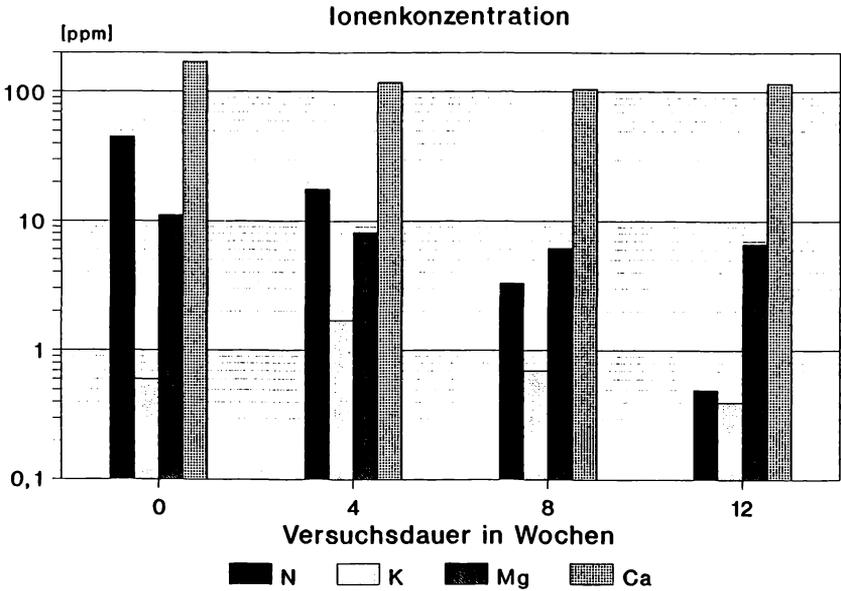
# Relative Calcium- und Magnesiumgehalte im Sickerwasser

Zeitpunkt vor Belastung gleich 100 %



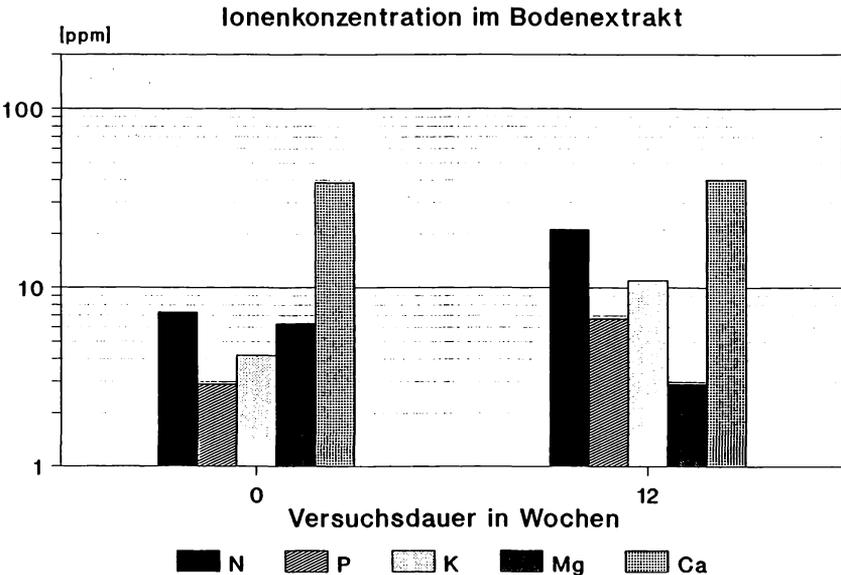
**Abb. 1:** Relative Ionenkonzentrationen für Kalium und Nitrat (Abb. 1a, oben) sowie Calcium und Magnesium (Abb. 1b, unten) im Sickerwasser der Ökosystemausschnitte. Gemessen wurden unbehandelte Kontrollen sowie die mit hohen und niedrigen Lindan- (Lindan H, Lindan N) bzw. entsprechenden PCP-Konzentrationen (PCP H, PCP N) beaufschlagten Bodensäulen. Die Werte vor Belastung wurden für alle Versuchsvarianten gleich 100 % gesetzt. Die Versuchsdauer betrug 12 Wochen. Die Kaliumwerte zum Zeitpunkt 4 Wochen nach Belastung in der Kontrolle sowie der Belastungsvariante PCP H betragen 736 bzw. 2018 %.

## Nährelementgehalte im Sickerwasser



**Abb. 2:** Die absoluten Ionengehalte der Makronährelemente Nitrat, Kalium, Magnesium und Calcium im Sickerwasser der Ökosystemausschnitte während einer Versuchsdauer von 12 Wochen. Die dargestellten Werte sind Mittelwerte aus allen mit Lindan und PCP behandelten Bodensäulen sowie Kontrollen.

## Nährelementgehalte im Boden



**Abb. 3:** Die absoluten Ionengehalte der Makronährelemente Nitrat, Kalium, Phosphat, Magnesium und Calcium im wässrigen Bodenextrakt aus den obersten 20 cm des Bodens der Ökosystemausschnitte. Die dargestellten Werte sind Mittelwerte aus allen Messungen vor Beaufschlagung der Bodensäulen mit Lindan und PCP und 12 Wochen nach der Exposition.

Dies entspricht den Ergebnissen für die Biomasseproduktion der Vegetation (mündl. Mitteilung MARCINKOWSKI 1991) und den mikrobiellen Stoffwechselaktivitäten des Bodens (FÖRSTER et al. 1991). Pflanzliche Biomasse und mikrobieller Stoffwechsel sind Parameter zur Beschreibung wichtiger Teilsysteme der Ökosystemausschnitte mit Einfluß auf die Bio-retention und Mineralisierung von Nährstoffen. Ihre Stabilität bestätigen die durch chemische Stressoren nicht veränderten Nährstoffgehalte im Sickerwasser, die als Systemparameter die komplexen biogeochemischen Wechselwirkungen auf der Organisationsstufe eines Ökosystems beschreiben.

Die mit fortschreitender Versuchsdauer abnehmenden Nitratgehalte können durch folgende Prozesse erklärt werden: starke Frühjahrsaktivität der stickstoff-mineralisierenden Bodenbakterien (WANTULLA et al. 1988), Steigerung der Nitratretention durch Pflanzenwachstum (WEIDEMANN et al. 1988), Auswaschung und Verlagerung durch hohe Beregnungsmengen zur Gewinnung des Sickerwassers und dadurch bedingte Denitrifikation durch zeitweise anaerobe Verhältnisse in tieferen Bodenschichten (MARCINKOWSKI et al. 1991). Im Vergleich zu den Bodenextrakten lag der Phosphatgehalt im Sickerwasser unterhalb der Nachweisgrenze. Der ebenfalls im Vergleich zum Sickerwasser erhöhte Kaliumgehalt des Bodenextraktes könnte durch die Homogenisierung der Bodenprobe und damit einer dem Extraktionsmittel Wasser besser zugänglichen, vergrößerten Oberfläche erklärt werden (HANTSCHHEL et al. 1985). Der nach zwölf Wochen erhöhte Nitratgehalt im Bodenextrakt (Abb. 3) kann möglicherweise erklärt werden durch seine Steigerung der mikrobiellen Aktivität im Boden.

Für die Finanzierung des Projektes FE 106 030 69 danken wir dem Umweltbundesamt Berlin.

#### LITERATUR

- FÖRSTER B., 1989: Untersuchung über die Wirkung von zwei Agrochemikalien auf die Boden-Mikroflora eines terrestrischen Modell-Ökosystems. - Diplomarbeit, Fachbereich Biologie, J. W. Goethe-Universität Frankfurt/M.
- FÖRSTER B., MARCINKOWSKI A., SCHALLNASS H., KNACKER T., 1991: Umweltverhalten von Chemikalien in einem terrestrischen Ökosystemausschnitt: Effekte auf Bodenatmung. - Verh. Ges. f. Ökologie (Osnabrück 1989), Band XIX/III: 149-156.
- HANTSCHHEL R., KAUPENJOHANN M., HORN R., ZECH W., 1985: Kationenkonzentration in der Gleichgewichts- und Perkolationsbodenlösung (GBL und PBL) - ein Methodenvergleich. - Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 149: 136-139.
- KNACKER T., MARCINKOWSKI A., SCHALLNASS H., FÖRSTER B., VINCENA R., RÖMBKE J., 1991: Umweltverhalten von Chemikalien in einem terrestrischen Ökosystemausschnitt: Experimentelle Konzeption. - Verh. Ges. f. Ökologie (Osnabrück 1989), Band XIX/III: 131-135.
- MARCINKOWSKI A., ZIETZ E., KNACKER T., 1991: Umweltverhalten von Chemikalien in einem terrestrischen Ökosystemausschnitt: Verbleib der Prüfsubstanzen. - Verh. Ges. f. Ökol. (Osnabrück 1989), Band XIX/III: 137-141.
- MENDEL 1984: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. - Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- SACHS L., 1984: Angewandte Statistik. - Springer Verlag, Berlin.
- SCHAEFFER F., SCHACHTSCHABEL F., 1984: Lehrbuch der Bodenkunde. - Enke Verlag, Stuttgart.
- ULRICH B., 1988: Ökochemische Kennwerte des Bodens. - Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 151: 171-176.
- WANTULLA A., VOLLMER F.-J., KÜHBAUCH W., 1988: Einfluß von Düngemaßnahmen auf die Stickstoffauswaschung bei mehrjährigen Silomaisanbau. - Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 151: 97-102.
- WEIDEMANN G., MATHES K., KOEHLER H., 1988: Bezugsökosystem Ödland unter Pestizid-Belastung. -In: SCHEEKE, B., VERFONDERN M., (Hrsg.): Auffindung von Indikatoren zur prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen. - Band 9 Endberichte der geförderten Vorhaben, Teil 1. Jül-Spez-439: 7-222.

- WEIDEMANN G., KOEHLER H., MATHES K., SCHULZ-BERENDT V., 1987: Konzeption und Anlage eines Ökosystems zur ökotoxikologischen Beurteilung von Chemikalien. - Verh. Ges. f. Ökol 16: 393-398.
- WEISS J., 1985: Handbuch der Ionenchromatographie. - VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

**ADRESSE**

R. Vincena  
Herbartstr. 10  
D-W-6000 Frankfurt/M. 1

A. Marcinkowski  
Frühlingsaustraße 15  
D-W-6050 Offenbach/M.

H. Schallnaß  
T. Knacker  
Batelle Institut e.V.  
Am Römerhof 35  
D-W-6000 Frankfurt/M. 90

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [19 3 1991](#)

Autor(en)/Author(s): Vincena Rudolf, Marcinkowski Anke, Schallnaß Hans, Knacker Thomas

Artikel/Article: [Umweltverhalten von Chemikalien in einem terrestrischen Ökosystemausschnitt: Effekte auf pflanzliche Makronährelemente 143-148](#)