Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990)
Band 20 1991

Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Prognose des möglichen Verhaltens von Pentachlorphenol (PCP) in Böden einer norddeutschen Moränenlandschaft

Uwe Schleuß und Hans-Peter Blume

Synopsis

From soil map information, simple field measurements (organic substance, pH-value) and extrapolated weather datas it is possible to obtain a coarse estimation of the behaviour of organic chemicals in different soils. The soil units of a North German landscape are in different way able to adsorbe Pentachlorphenol (PCP) and to reduce the uptake in the plants. Moreover there are differences between the soil units to prevent the leaching of PCP from the solum to the aquifer.

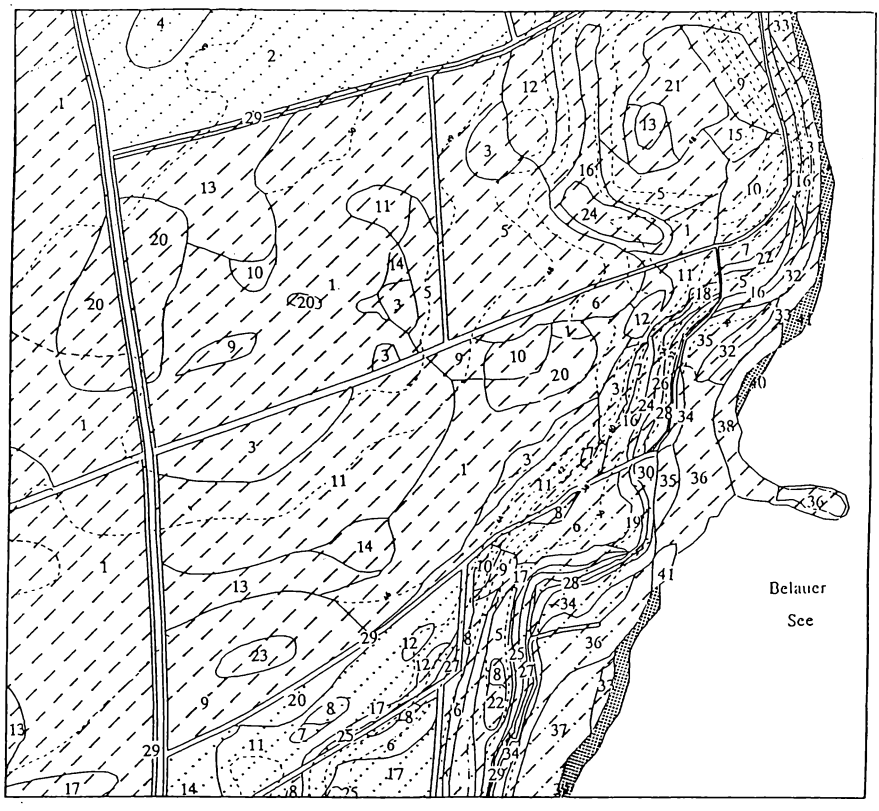
soil map, organic chemicals, PCP-adsorption, PCP-leaching

1. Einführung

Aus dem Inhalt großmaßstäbiger Bodenkarten (z. B. Bodenform, Lagerungsdichte, Bodenarten, Gehalte an org. Substanz und Sesquioxiden, pH-Werte der Bodenhorizonte, Verbreitungsmuster der Einheiten) lassen sich unter Berücksichtigung der Klimaverhältnisse (Niederschlag, Temperatur) verschiedene ökologisch relevante Parameter zum Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt sowie zum Abbau-, Sorptions- und Auswaschungsverhalten des Bodens gegenüber anorganischen und organischen Schadstoffen ableiten.
Kontaminationen des Grund- und Oberflächenwassers mit Schadstoffen sowie Anreicherungen derselben in der Nahrungskette können im Kontaminationsfall von den verschiedenen Bodeneinheiten einer Bodenschaft in unterschiedlichem Maße verhindert werden. Möglichkeiten der Prognose sollen am Beispiel einer angenommenen Kontamination mit PCP an einem Landschaftsausschnitt im Bereich der Bornhöveder Seenkette (Schwerpunktraum des FE-Vorhabens **Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette**) demonstriert werden (Abb. 1).

2. Verhalten von Umweltchemikalien in Böden

Organische Umweltchemikalien werden im Boden vorwiegend durch Humus, Tonminerale sowie Eisenoxide adsorbiert (KHAN 1972, FRÄNZLE 1982, JOHNSON 1987). Die Sorptionsfähigkeit des Bodens wird oft durch den pH-Wert beeinflußt (WELP & BRÜMMER 1987). Umweltchemikalien können im Boden mit dem Wasser wandern, diffundieren, abiotisch oder biotisch transformiert werden (REINER & al.1978, MALKOMES & WÖHLER 1983) und aus dem Boden verflüchtigen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß Umweltchemikalien in die Nahrungskette gelangen (SAUERBECK 1985). Durch perkolierendes Wasser können Umweltchemikalien in Richtung des Grundwasserleiters oder durch lateralen Stofffluß in die Oberflächengewässer gelangen (HAGENDORF 1986).
Aus Tab. 1 sind die wesentlichen Eigenschaften verschiedener Chemikalien zu entnehmen, die einen maßgeblichen Einfluß auf ihr Verhalten im Boden haben.



Legende zur Bodenformenkarte

Aufbau: Bodenform\Basizität\Bodenartenabfolge\pH-Stufe Oberboden

1	Bn Sg/gf\2-3\SI S S\1-2	15	PB gf\2\Su/Su/S\1	29	DQn Y/gf\2\S/S/S\1-2
2	Bn Sg/gf\4\SI/S/S/S\3-4	16	KB K/gf\2-3\S(f)/S/S\1-2	30	KG K/gf\3\S/S/S\2-3
3	eBn Sg/gf\2-3\SI/S/S\2	17	KB K/gf\3-4\S(f)/S/S\3-4	31	Gn gf\4\S/S/S\2-3
4	eBn Sg/gf\SI/SI/S\3-4	18	KBr K/gf\2-3\S/S/S\1-2	32	GN gf/Hn\2\S/S/S\1-2
5	Bn gf\2-3\SI/S/S\1-2	19	GB gf\4\Su/Su/S\2-3	33	GH Hn/gf\4-5\H9/S/S\5
6	Bn gf\4\S(u)/S/S\3-4	20	Ln Mg/gf\SI/Ls/S\2-3	34	KHN K/Hnf\2\S/H9/H9\2-3
7	eBn gf\2-3\SI/S/S\2	21	Ln Mg/gf\3-4\SI/Ls/Ls\3-4	35	HN Hnf\2\H8/H6/H6\1-2
8	eBn gf\4\SI/S/S\3-4	22	eLn Mg/gf\3\SI/Ls/S\3-4	36	HN Hnf\4\H8/H7/H6\3-4
9	Br Sg/gf\2-3\SI/S(f)/S\1-2	23	KL Mg/gf\2\SI/SI/Ls\2	37	HU HU(Tm)\3-4\H8/H3/H5\3-4
10	Br gf\2-3\SI/S\1-2	24	BK K/gf\2\S(f)/S/S\1-2	38	HNs Hnf\4-5\H6/H6/H8\5-6
11	Br gf\3-4\SI/S/S\3-4	25	BK K/gf\4\S(f)/S/S\3-4	39	HUs HU(Tm)\4-5\H2/H2/H4\5-6
12	eBr gf\2-3\SI/S/S\1-2	26	Kn K/gf\2-3\S/S/S\1-2	40	JG Fk/Hnf\5\U(s)/H3/H3\6
13	LB Sg/gf\2\SI/SI/S\1-2	27	Kn K/gf\4\S/S/S\3-4	41	JP f\5\S/S/S\6
14	LB Sg/gf\3-4\SI/SI/S\3-4	28	GK K/gf\2-3\S/S/S\2-3		

Bn Typische Braunerde Br Rostbraunerde LB Parabraunerde-Braunerde PB Podsol-Braunerde KB Kolluvisol-Braunerde KBr Kolluvisol-Rostbraunerde
GB Gley-Braunerde Ln Typische Parabraunerde KL Kolluvisol-Parabraunerde BK Braunerde-Kolluvisol Kn Typischer Kolluvisol GK Gley-Kolluvisol
DQn Depo-Regosol KG Kolluvisol-Gley Gn Typischer Gley GN Naßgley GH Moorgley KHN Kolluvisol-Niedermoor HN Niedermoor
HU Übergangsmoor HNs Ganzj. wasserbed. Niedermoor HUs Ganzj. wasserb. Übergangsmoor JG Gyttja JP Protopedon e erodiert

Sg/gf Geschiebesand auf glazifl. Sand Mg/gf Geschiebemergel auf glazifl. Sand K/gf Kolluvium auf glazifl. Sand Y/gf Anthropogene Aufschüttung auf glazifl. Sand
gf glazifl. Sand K/Hn Kolluvium auf Niedermoor Hnl Bruchwaldtorf HU(Tm) Braunmoostorf Fk/Hnl Kalkmudde auf Niedermoortorf f fluv. Sand

Basizität (V-Wert in 5 dm Bodentiefe) 1 sehr gering (<10%) 2 gering (10-25%) 3 mittel (25-50%) 4 hoch (50-80%) 5 sehr hoch (>80%)

Bodenarten: S,s Sand,sandig U,u Schluff,schluffig T,t Ton,tonig H1-4 sehr schwach- schwach zers. Torf H5-6 mittel zers. Torf H7-10 stark- sehr stark zers. Torf

pH-Stufe Oberboden 1 pH<3.5 2 pH 3,5-4,5 3 pH 4,5-5,5 4 pH 5,5-6,5 5 pH 6,5-7,5 6 pH 7,5-8,5 7 pH >8.5

Nutzung Acker Grünland Wald Schilf

Maßstab

Abb. 1: Ausschnitt aus der Bodenformenkarte des Schwerpunktraumes mit Höhenlinien und Nutzungseinheiten

Tab. 1: Verhalten verschiedener Chemikalien in Böden (n. LITZ & BLUME 1989, verändert)

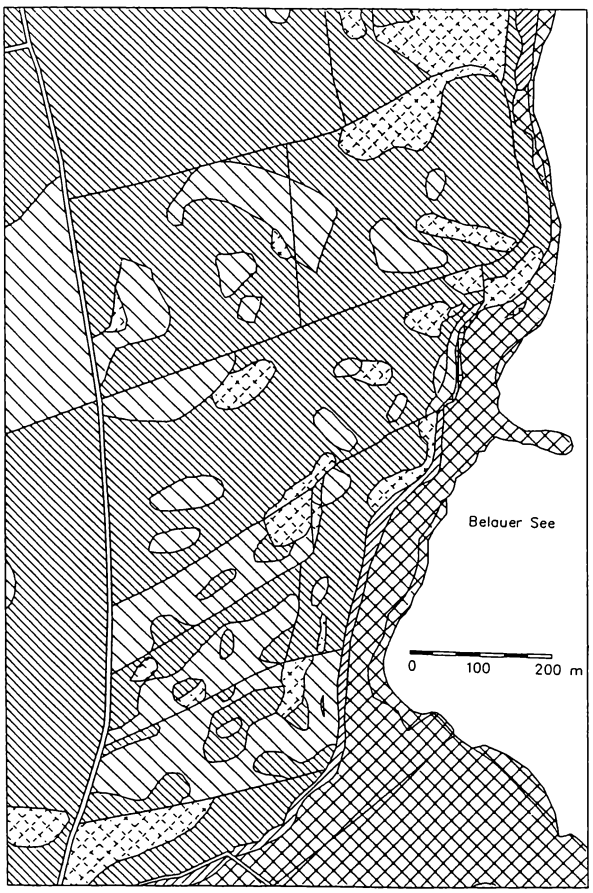
Chemikalie	Löslichkeit	Bindung durch		pH-Einfluß	Abbau		Flüchtigkeit
		Ton	Humus		aerob	anaerob	
Pentachlorphenol	3	4	2	-	3-4	4	1
LAS	4	1	3-4	-	4	3	1
Benzol	4-5	1	1	0	3	2	3
Atrazin	3	2	2	-	3-4	3-4	1
Chloroform	4	2	2	0	2-3	1-2	3

Erläuterungen zur Tab. : Bewertungsstufen: 0 praktisch nicht, 1 sehr gering, sehr schwach, 2 gering, schwach, 3 mittel, 4 hoch, stark, 5 sehr hoch, sehr stark
Löslichkeitsstufen (mg/l H_2O bei 20°C): 0: 0,1; 1: 0,1-1; 2: 1-10; 3: 10-100; 4: 100-1.000; 5: > 1.000
Bindungsstufen (Sorptionskoeffizienten nach FREUNDLICH von Ton und Humus): 0: < 0,5; 1: 0,5-50; 2: 50-150; 3: 150-500; 4: 500-5.000; 5: > 5.000
pH Einfluß + oder - Bindung steigt mit zu- bzw. abnehmendem pH, 0 kein Einfluß
Abbaustufe (ca. 90 % Abbau): 1: > 3 Jahre, 2: 1-3 Jahre, 3: 18 Wo.-1 Jahr, 4: 6-18 Wo., 5: < 6 Wochen
Flüchtigkeit (Dampfdruck in hPa bei 20-25°C): 1: < 0,001; 2: 0,001-100; 3: 100-5.000; 4: > 5.000

LITZ & BLUME (1989) haben aus eigenen und vor allem fremden Untersuchungen an Standardböden ein Modell zur Verhaltensabschätzung von Umweltchemikalien in verschiedenen Böden einer Landschaft entworfen.
Dazu werden Daten einer Bodenkarte (Bodenart, Gehalt an organischer Substanz, Bodenform), ergänzt durch einfache Feldmessungen (pH-Wert) und Wetterdaten einer benachbarten Wetterstation (Temperatur, Niederschlag) herangezogen. Dieses Verfahren ermöglicht eine grobe Abschätzung des Verhaltens der betrachteten Chemikalien in Böden. Dadurch können bei Verdacht einer Kontamination umfangreiche Laboruntersuchungen nicht ersetzt, aber ihr Einsatz effizienter gestaltet werden. Das Modell soll im folgendem am Beispiel der Umweltchemikalie Pentachlorphenol dargestellt werden.
PCP, eine zu den aromatischen Kohlenwasserstoffen zählende Umweltchemikalie mit hoher Persistenz, wurde als Holzschutzmittel in erheblichem Umfang verwendet, so daß aufgrund seiner Löslichkeit von einer ubiquitären Verteilung in der Umwelt ausgegangen werden muß. Der Einsatz von techn. PCP ist als eine der Hauptquellen für Dibenzofurane und polychlorierte Dibenzodioxine in der Umwelt anzusehen (BUA 1985).

3. Prognose der Oberbodenbindung von PCP

Die Prognose der Oberbodenbindung kann einerseits eine Aufnahme des Stoffes in die Nahrungskette sowie andererseits einen Austrag in das Grund- und Oberflächenwasser verhindern bzw. reduzieren. Als Maß für die Bindung durch Ton und Humus haben LITZ & BLUME (1989) Sorptionskonstanten nach FREUNDLICH herangezogen. Mit abnehmendem pH-Wert tritt bei PCP eine erhöhte Bindung über Van-der-Waalssche Kräfte ein (CHOI & AOMINE 1974, KUKOWSKI & BRÜMMER 1987).
In Abb. 2 ist die wahrscheinliche Oberbodenbindung für PCP im Falle mäßiger, flächenhafter Kontamination im Schwerpunktraum der Bornhöveder Seenkette dargestellt (s. a. BLUME 1990), wie sie sich aus der Anwendung des Modells und der Standortdaten (Bodenart, Gehalt an organischer Substanz, pH-Wert) ergibt.



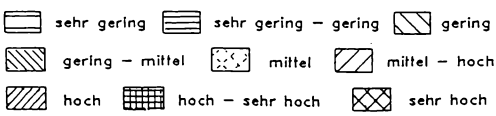


Abb. 2:
Prognose der Bindung von PCP im Oberboden bei angenommener mäßiger Kontamination (Ausschnitt aus dem Schwerpunktraum)

Die stark versauerten Oberböden des Waldgebietes weisen eine sehr starke bis starke PCP-Bindung auf (Bodeneinheiten 1, 11, 9, 20). Die agrarisch genutzten Standorte, die im Oberboden ein pH-Niveau von 5,2-6,2 haben, sind durch mittlere bis hohe PCP-Bindung im Oberboden zu charakterisieren (Bodeneinheiten 2, 4, 6). Bodeneinheiten, die durch Erosionsvorgänge in ihrer Filterwirkung beeinträchtigt sind (Bodeneinheiten 8, 12), zeigen niedrigere Bindungsvermögen. Hohe Bindungsstärken sind auch bei den im Randbereich des Belauer Sees entwickelten Mooren festzustellen (Einheit 35), während die aus Uferwällen entwickelten Naßgleye (Einheit 32) sehr geringe Bindungsstärken aufweisen.

4. Potentielle Auswaschungsgefährdung aus dem Bodenraum

Um einen möglichen Austrag aus dem Wurzelraum in Richtung des Grundwasserleiters prognostizieren zu können, sind auch die Verflüchtigung aus dem und der Abbau im Boden (Tab. 1) sowie die Bindung im Unterboden (abhängig von Bodenart, Humusgehalt und pH-Wert) einzubeziehen, außerdem die Perkolationsraten aufgrund einer klimatischen Wasserbilanz. Der Abbau ist vor allem temperaturgesteuert und wird durch Bodenmikroorganismen bestimmt. Aus diesem Grund wirken sich auch die Luft-, Wasser- und Nährstoffverhältnisse auf das Abbauverhalten aus.

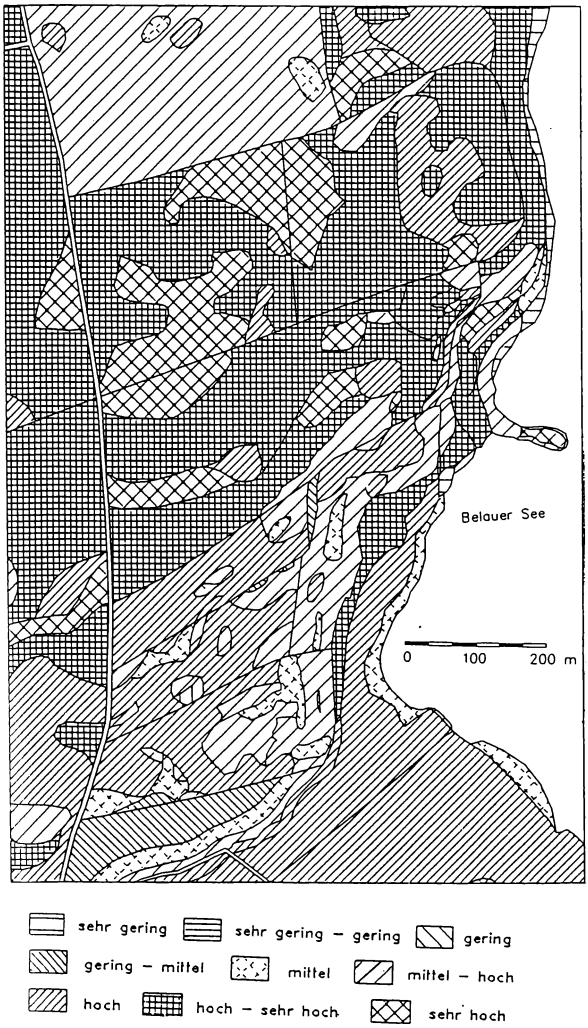


Abb. 3:
Prognose der potentiellen Grundwassergefährdung von PCP bei angenommener mäßiger Kontamination (Ausschnitt aus dem Schwerpunktraum)

Bei einer Kontamination in der Vegetationsperiode ist nach LITZ & BLUME (1989) von einem stärkeren Abbau als im Gesamtjahresverlauf auszugehen. Eine starke Oberbodenbindung verzögert bei biologisch weniger aktiven Böden den Abbau.
Die potentielle Auswaschungsgefährdung aus dem Bodenraum ist das Ergebnis der Bewegung der Chemikalie im Unterboden und des Grundwasserstandes (s. a. BLUME 1990). Aus Lysimeteruntersuchungen läßt sich ableiten, daß PCP bis ins Grundwasser, bei ungesättigtem Fluß bedingt durch die Wasserführung der Makroporen, gelangen kann (FRÄNZLE 1982).
Im Untersuchungsgebiet herrscht eine Mitteltemperatur der Vegetationsperiode von 13,3°C und des Jahres von 8,3°C. Die Niederschlagshöhe beträgt durchschnittlich 757 mm bei einer Verdunstung (ETpot Haude) von 522 mm (BEINHAUER 1988).
Unter den herrschenden Temperaturverhältnissen ist bei den Ackerböden bei einer Kontamination während der Vegetationsperiode mit einem mittleren bis hohen Abbau und mit einem geringen bis mittleren Abbau außerhalb der Vegetationsperiode infolge der ungünstigen Witterungsbedingungen im Winter zu rechnen. Bei den Waldböden wird der Abbau aufgrund der schlechten Nährstoffversorgung (sehr geringe bis geringe S-Werte) verzögert. Bei den Mooren ist eine mittlere bis hohe Abbauzeit zu erwarten.
Die Auswaschungsgefährdung ist bei Kontamination im Sommer (mit unter 4 kg/ha) bei terrestrischen Böden gering bis mittel. Eine geringe potentielle Auswaschungsgefahr ist bei lehmigen Unterbodenhorizonten und mittleren Humusgehalten im Unterboden (infolge Kolluvierung) zu

prognostizieren (Bodeneinheiten 13, 23, 24). In der Uferzone des Sees ist bei einem mittleren Grundwasserstand von 2-4 dm von einer sehr hohen Grundwassergefährdung auszugehen (Bodeneinheiten: 32, 35, 40, 41).

Literatur

BLUME, H.-P. (Hrsg.), 1990: Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed-Verlagsgesellschaft, Landsberg.

BEINHAUER, R., 1988: Klimatologische Einordnung des Untersuchungsraums, Interne Mitteilungen, Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette 2: 53-62.

BLUME, H.-P., LITZ, N. & H. W. DÖRING, 1983: Adsorption, Percolation, and Decomposition Methods for Forecasting the Behavior of organic chemicals in soils, Ecotoxicology and Environmental Safety 7: 204-215.

BUA (BUNDESVERBAND UMWELTRELEVANTER ALTLASTEN) (Hrsg.), 1985: Pentachlorphenol, BUA-Stoffberichte 3, Weinheim.

CHOI, I. & S. AOMINE, 1974: Mechanismn of pentachlorphenol adsorption by soils. Soil Sci. Plant Nutr. 20: 371-379.

FRÄNZLE, O., 1982: Modellversuche über die Passage von Umweltchemikalien und ihrer Metabolite durch die ungesättigte Zone natürlicher Bodenprofile sowie durch Bodenschlämme in Laborlysimetern und im Freiland, Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Forschungsbericht 106 02 005/02.

HAGENDORF, U., 1986: Erkenntnisse über eine Grundwasserkontamination durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe in pleistozänen, glazifluviatilen Sedimenten und Ansätze für Abwehr und Sanierungsmaßnahmen. Schriftenr. d. Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 64: 45-64.

JOHNSON, S., 1987: Interaction between polycyclic aromatic hydrocarbons and natural aquatic humic substances contact time relationship. The Science of Total Environment 67: 269-278.

KHAN, S. U., 1972: Adsorption of pesticide by humic substances - a review. Environmental Letters 3: 1-12.

KUKOWSKI, H. &. G. BRÜMMER, 1987: Untersuchungen zur pH-abhängigen Adsorption ausgewählter Chemikalien durch die organische Substanz der Böden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell. 55/I: 375-380.

LITZ, N. & H.-P. BLUME, 1989: Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 30: 355-364.

MALKOMES, H.-P. & B. WÖHLER, 1983: Testing and evaluating some methods to investigate side effects of environmental chemicals on soil organismen. Ecotoxicology and Environmental Safety 7: 284-294.

REINER, E. A, CHU, J. & E. KIRSCH, 1978: Microbial metabolism of pentachlorphenol. Environmental Sci. Res. 12: 67-81.

SAUERBECK, D., 1985: Funktion, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Kohlhammer-Verlag, Stuttgart.

Adresse

Uwe Schleuß
Prof. Dr. Hans-Peter Blume
Projektzentrum Ökosystemforschung
Universität Kiel
Schauenburger Str. 112

W - 2300 Kiel 1

ZOBODAT - 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: 20_1_1991

Autor(en)/Author(s): Blume Hans-Peter, Schleuß Uwe

Artikel/Article: Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Prognose des möglichen Verhaltens von Pentachlorphenol (PCP) in Böden einer norddeutschen Moränenlandschaft 167-172