

Untersuchungen zu organisch-chemischen Bodenbelastungen in den ehemaligen Rieselfeldern in Berlin-Buch

Werner Kratz und Bernd Marschner

Synopsis

Land utilization, causing an extensive and intensive input of matter to upper and lower soil over decades or centuries, leads to severe soil contaminations. Sewage farms of historical waste water management are a classical example. Since the last century, their extent reached more than 30.000 ha in Germany, of which the Berlin sewage farm areas alone included more than 22.000 ha (KÖNIG & LACOUR 1915).

The experiments of the present study were carried out at the former sewage farms of Berlin-Buch in 1992, within the framework of a research project supported by the Ministry of Environment (BMU) and coordinated by the Berlin Forestry. The aim of this interdisciplinary research project was to elaborate a preliminary redevelopment and structuring concept for the former sewage farms, to which a description of the present situation of soil pollution is inevitable.

The analysed organic compounds (i.a. PAH, PCB) partly exceed the values of the "Berliner Liste" and hence indicate critical concentrations in soil. The pollutants (PAH, PCB) are heterogenously distributed in top soil layers and show a strong affinity to organic matter.

Rieselfelder, PAH, PCB, regionale und kleinräumige Variabilität organischer Bodenbelastung

Sewage farms, PAH, PCB, microscale and regional soil pollution pattern

1. Einleitung

Bodennutzungen, die über Jahrzehnte und Jahrhunderte hinweg einen flächenhaften und intensiven Stoffeintrag in Boden und Untergrund bewirken, können zu nutzungsspezifisch ausgeprägten Bodenverunreinigungen führen. Hierfür sind die Rieselfelder der historischen Abwasserlandbehandlung ein klassisches Beispiel. Deren Umfang betrug in Deutschland seit dem vorigen Jahrhundert mehr als 30.000 ha, wobei die Berliner Rieselfeldfläche allein mehr als 22.000 ha umfaßte (KÖNIG & LACOUR 1915). Die Beson-

derheit dieser wasserwirtschaftlichen Bodennutzung liegt im intensiven Prägen und Beanspruchen der Filter-, Speicher- und Entsorgungsfunktion des Bodens, des Untergrundes und des Grundwassers und in der damit einhergehenden Schadstoffanreicherung im Boden, der Eutrophierung von angrenzenden Oberflächengewässern und in der Kontamination des Grundwassers (SOWA 1992). Die Berliner Rieselfeldflächen akkumulierten somit ein breites Spektrum anthropogener Schadstoffe, die sowohl aus kommunalen als auch industriellen Aktivitäten stammten und stellen damit ein großes human- und ökotoxikologisches Gefährdungspotential dar (BLUME 1992).

Die nachfolgend zu diskutierenden organischen Schadstoffgruppen werden im Boden bevorzugt an der organischen Substanz gebunden (BLUME 1992), zumal auf den Untersuchungsflächen der ehemaligen Rieselfelder im Bereich des Forstamtes Berlin-Buch Ton als weiterer möglicher Sorbent im Oberboden praktisch nicht vorhanden ist (AUHAGEN et al. 1994).

Urbane Rieselfelder repräsentieren nach ihrer Stilllegung bei immer knapper werdenden Flächen eine potentielle Flächenreserve für stadtypische Nutzungen. Bei Folgenutzungen sind allerdings die jeweiligen human- und ökotoxikologischen Gefahrenpotentiale abzuschätzen. So sollen die Bucher Rieselfelder nach den Plänen der Berliner Forsten zu einer waldgeprägten Erholungslandschaft umgestaltet werden.

Die hier vorgestellten Daten wurden im Rahmen eines umfangreichen Untersuchungsprogramms zur Erkundung der Belastung dieser Flächen erhoben und sollen neben bodenkundlichen, pflanzensoziologischen, bioklimatischen, forstlichen und faunistischen Daten Entscheidungsgrundlagen für Sanierungsmaßnahmen und Nutzungsmöglichkeiten darstellen.

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiet

Die an der nördlichen Stadtgrenze gelegenen Rieselfelder im Bereich des Forstamtes Berlin-Buch waren von ca. 1875 bis 1984 in Betrieb, ehe das Abwasser

über die Kläranlage Schönerlinde geleitet wurde. Während bis ca. 1970 eine sog. Doppelnutzung mit Acker- und Gemüsebau bei mäßiger Berieselung (100 – 4000 mm/a) praktiziert wurde, fand in der Folgezeit eine zunehmende Beaufschlagung mit Abwasser – ohne vorherige Einleitung der Abwässer in Absetzbecken – statt, bis die Flächen seit Ende der 70er Jahre dauerüberstaut waren (Intensivfilterbetrieb). 1985 wurden die Flächen unter starker Bodenstörung weitgehend eingeebnet und mit verschiedenen Gehölzen (ca. 50 Baum- und Straucharten) mehr oder weniger erfolgreich aufgeforstet. Heute sind ca. 40 % der Fläche mit Baumarten wie diversen Pappelarten, Eschenahorn, Kiefern etc. bestockt.

2.2. Entnahme der Bodenproben

Die Entnahme der Bodenproben erfolgte an 13 Standorten, die gemäß AUHAGEN et al. (1994) als repräsentativ für das Rieselfeld Forstamt Buch bezüglich ihrer Vornutzung und Einstellung des Rieselbetriebs ausgewählt worden waren. Die Probenahmen erfolgten im Juni 1992. Zur Probenahme an den regionalen Rasterpunkten wurden pro Standort (Rasterpunkte 1–10, 12–13) je zwei Rammkernsondierungen (Durchmesser 60 mm) bis zu einer Tiefe von zwei Metern abgeteuft. Die Bodenentnahme erfolgte aus Tiefen von 0–30 cm, 30–60 cm, 60–90 cm, 90–120 cm, 120–150 cm und 150–200 cm; je Tiefenstufe wurde eine Probenmenge von ca. einem Kilogramm gewonnen. Zusätzlich wurden auf einer Intensivbeprobungsfläche im Bereich einer repräsentativ umgestalteten Rieselfeldgalerie westlich von Hobrechtsfelde an den dort installierten Transektstudien (T I) 15 Proben und (T II) 10 Proben aus einer Tiefe von 0–20 cm im Abstand von je 10,0 m gewonnen. Somit können Aussagen zur regionalen und zur kleinräumigen Schadstoffbelastung gemacht werden.

2.3. Chemische Analysen

Die Proben wurden nach der Beprobung sofort einem von der Bundesanstalt für Materialforschung akkreditierten chemischen Labor zur Analyse zugeführt, wodurch ein Höchstmaß an Analysegenauigkeit und die Beachtung der jeweiligen DIN-Normen, die in der Berliner Liste von 1990 (SENATSV ERWALTUNG FÜR INNERES 1990) vorgegeben sind, gewährleistet wurde.

Im folgenden werden kurz die angewandten Meßverfahren genannt:

Die 6 PAK-Kongeneren wurden nach der Trinkwasserverordnung (TVO von 1975) in Anlehnung an DIN 38 409-H 13-1 jedoch mit HPLC-UV-Fluoreszenz-Detektion bestimmt. Die Bestimmungsgrenze

für die Summe der 6 PAK-Kongeneren (TVO) betrug 27,0 µg/kg TS. Die Nachweisgrenze lag bei 9,0 µg/kg TS. Bei der Addition der PAK-Kongener-Konzentrationen zum Summenwert nach der TVO von 1975 für die Bewertung nach der Berliner Liste wurden nur solche Meßwerte einbezogen, die oberhalb der PAK-Kongener-spezifischen Nachweisgrenze lagen.

Die 6 PCB-Kongeneren nach BALLSCHMITER & ZELL (1987) wurden in Anlehnung an DIN 51 527 T 1 mit HRGC-ECD bestimmt. Die Bestimmungsgrenze für die 6 PCB betrug 180,0 µg/kg TS. Die Nachweisgrenze lag bei 60,0 µg/kg TS. Bei der Berechnung der Summe der 6 PCB-Kongeneren nach BALLSCHMITER & ZELL (1987) wurden nur solche Meßwerte berücksichtigt, die oberhalb der PCB-Kongener-spezifischen Nachweisgrenze lagen.

2.4. Bodenverhältnisse

Durch die Umgestaltungen in den Jahren nach 1984 und den einhundertjährigen Rieselbetrieb wurden die Böden teilweise gekappt und/oder überprägt. An der Oberfläche lagerten sich organische Rückstände der Verrieselung ab und bildeten stark humose Schichten, die z.T. durch die maschinellen Bodenbewegungen mit mineralischem Material des Unterbodens vermischt sind. Die im Profilaufbau folgenden mineralischen Horizonte sind teilweise durch eine Verbraunung (B_v oder B_{sv} -Horizonte) gekennzeichnet. Häufig fehlen diese Horizonte jedoch, da sie im Zuge der Umgestaltungen abgetragen worden sind, so daß das Ausgangsmaterial (Sand) unmittelbar unter dem Auftragshorizont ansteht. Anhand von Bodenansprachen können folgende Bodentypen im Untersuchungsgebiet unterschieden werden: Auftragsboden-Regosol, Auftragsboden-Braunerde, Auftragsboden-Rostbraunerde.

Trotz der erst 8 Jahre zurückliegenden letzten Beaufschlagung mit den eher basischen Abwässern liegen die pH-Werte heute im yAh-Horizont vorwiegend im Bereich von 3,8–5,8, oft mit geringen Werten im Unterboden (AUHAGEN et al. 1994). Hierfür können aber auch HNO_3^- und H_2CO_3 -Bildungen durch mikrobielle Aktivitäten verantwortlich sein (BLUME, mdl. Mitteilung). Die Humusgehalte reichen im Oberboden von 1,0 bis 24,5 %, mit den höchsten Werten meist im Bereich der ehemaligen Abwassereinleitungsstellen und Wälle. Die C/N-Verhältnisse im Oberboden um 10 weisen auf den Stickstoffreichtum der Standorte hin.

3. Ergebnisse

3.1. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Regionale PAK-Belastung der Böden

Der höchste PAK-Summenwert wurde mit 7.480,0 µg/kg TS im Profil 6 (Bogenseekette) in einer Tiefe von 0–30 cm gefunden. Die niedrigste PAK-Konzentration auf den ehemaligen Rieselfeldflächen wurde im Profil 8 (Schönerlinde) mit 87,8 µg/kg TS Summe-PAK in 0–30 cm Bodentiefe gefunden. Gering, der Hintergrundbelastung entsprechend, ist der Bodenkörper am Profil 5 (Forst Buch = W) mit 9,3 µg/kg TS Summe PAK in 0–30 cm Bodentiefe belastet, der als Kontrollpunkt für ein Landschaftssegment dient, das nicht berieselt wurde (Abb. 1).

Bei einem Vergleich der gefundenen PAK-Konzentrationen in den Profilen mit den Gehalten an organischer Substanz wird deutlich, daß es zu einer starken Konzentrationsgradientenbildung in Anlehnung an den Gehalt an organischer Bodensubstanz kommt. Es läßt sich für die untersuchten Rasterpunkte eine hochsignifikante korrelative Beziehung zwischen der organischen Substanz im Oberboden und den PAK-Konzentrationen herstellen ($R^2 = 0,74$; $n = 85$; AUHAGEN et al. 1994).

Die obersten Bodenhorizonte bilden somit in Anlehnung an den Gehalt an organischer Substanz die Hauptanreicherungsorte, im ökotoxikologischen

Sprachgebrauch als Senken bezeichnet.

Die Ergebnisse der Profilanalysen zu den PAK-Belastungen zeigen, daß es zu einer aktuellen Tiefenverlagerung (tiefer als 0,90 cm) der PAK im Bodenprofil selbst nicht kommt (Abb. 2).

Das schließt aber nicht aus, daß in den Jahren während der Rieselfeldaktivität bzw. in den Jahren nach Einstellung der Verrieselung PAK-Verlagerungen mittels gelöstem organischem Kohlenstoff (DOM) in relevanten Mengen zum Grundwasserkörper bzw. Unterboden stattgefunden haben, weil Fein- und Mittelsande von ihrer Adsorptionskapazität und ihrer Wasserleitfähigkeit her nicht in der Lage sind PAK anzureichern.

Als PAK-Kongener-Summenwert gibt die Berliner Liste (SENATSWERWALTUNG FÜR INNERES 1990) einen Prüfwert für sensible Nutzungen von 1.000,0 µg/kg TS an. Als Flächen mit sensiblen Nutzungen (Kategorie Ib) gelten z.B. Kinderspielplätze oder Kleingärten. PAK-Konzentrationen oberhalb des Eingriffswertes für eine sensible Nutzung (Ib) nach der Berliner Liste (SENATSWERWALTUNG FÜR INNERES 1990) liegen bei 50 % (6 von 12) der untersuchten Rieselfeldprofile vor.

Kleinräumige Variabilität der PAK-Belastung der Böden

Die auf der ehemaligen Rieselfeldgalerie in der westlich der Ortschaft Hobrechtsfelde gelegenen Abt. 709 des Forstamtes Berlin-Buch mit einem Abstand von je 10

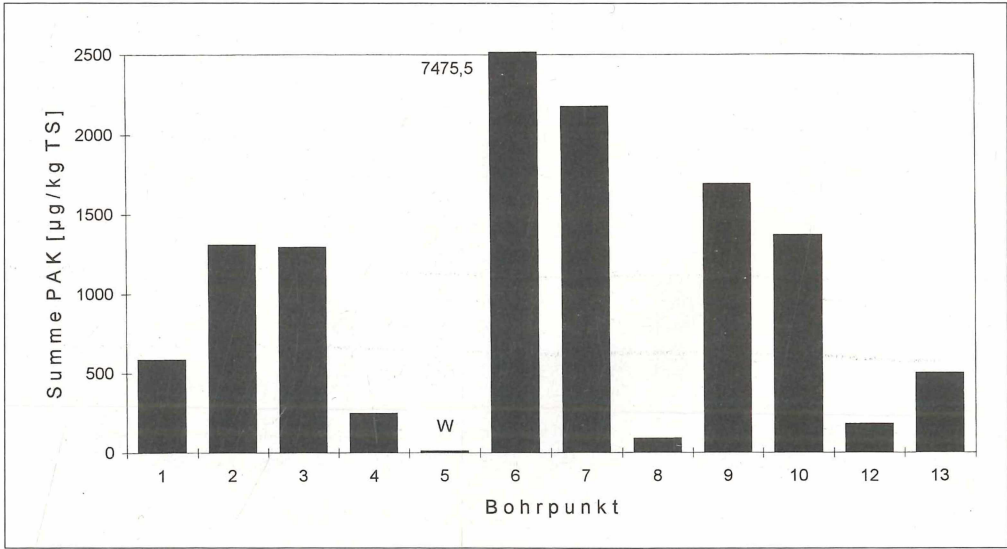


Abb. 1
PAK-Konzentrationen (ΣPAK nach TVO) in Rieselfeldböden (0–30 cm) an 13 Rasterpunkten im Bereich Forstamt Berlin-Buch

Fig. 1
PAH-concentrations in soil profiles (0–30 cm) of a former sewage farm system in Berlin (regional and distribution pattern)

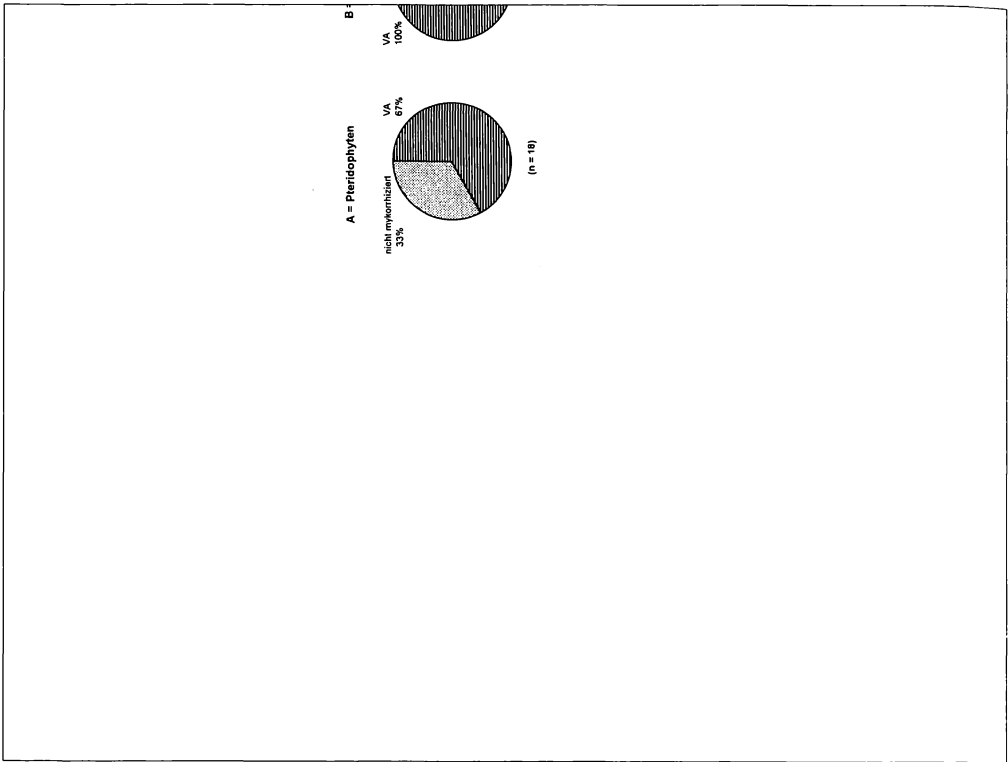


Abb. 2
Tiefenverteilung der PAK-Belastung (Σ PAK nach TVO) in Rieselfeldböden (0–200 cm) an 13 Rasterpunkten im Bereich Forstamt Buch

Fig. 2
PAH-distribution pattern in soil profiles (0–200 cm) of a former sewage farm system in Berlin

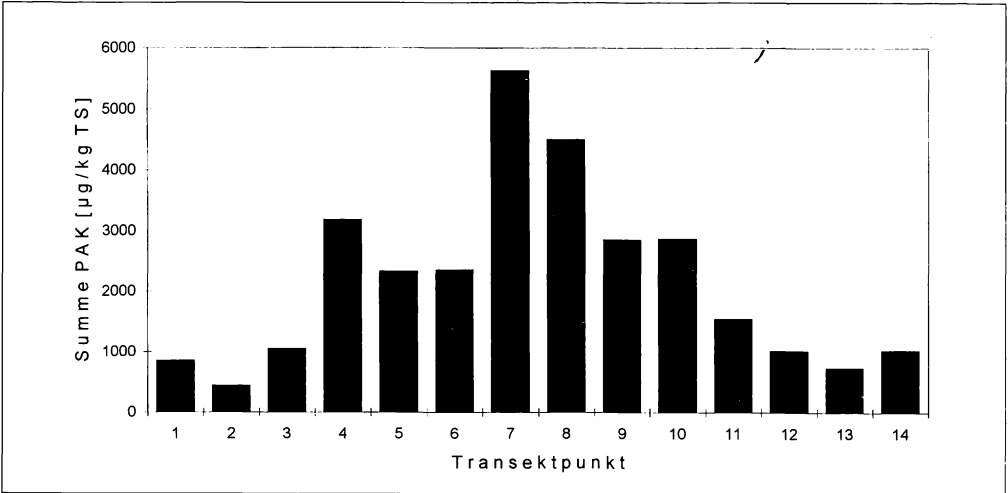


Abb. 3
PAK-Konzentrationen (Σ PAK nach TVO) im Oberboden (0–20 cm) auf einem Rieselfeldtransekt (Länge 150 m) im Bereich der Abt. 709 des Forstamtes Berlin-Buch

Fig. 3
PAH-concentrations in top soil layers (0–20 cm) in a former sewage farm system (transect dimension 150 m) in Berlin

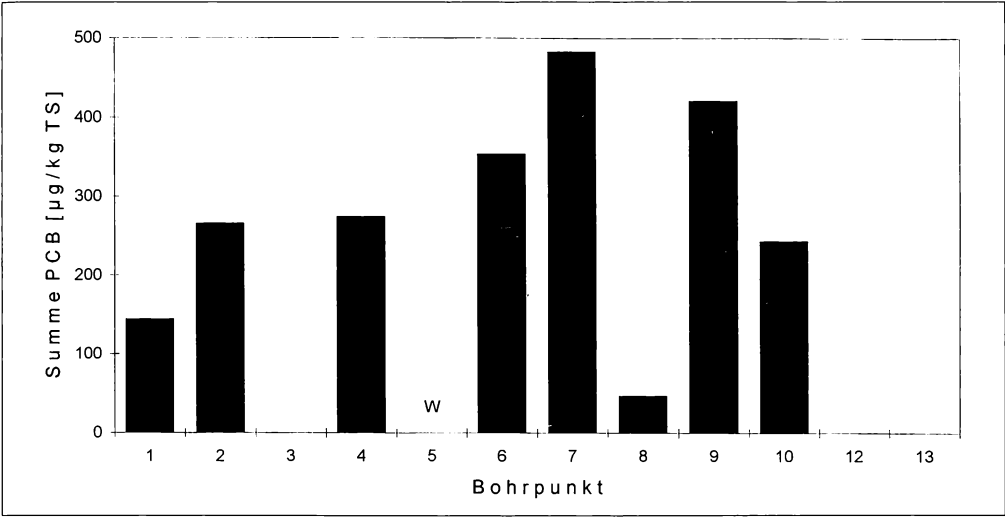


Abb. 4
PCB-Konzentrationen (nach BALLSCHMITER & ZELL 1987) in Rieselfeldböden (0–30 cm) an 12 Rasterpunkten im Bereich Forstamt Berlin-Buch

Metern genommenen Transektproben (alle 0–20 cm) weisen eine starke Variabilität der PAK-Belastung auf (Abb. 3).

Dabei traten die höchsten PAK-Konzentrationen (Transektpunkt 7: 5625,1 $\mu\text{g/kg TS}$; Transektpunkt 8: 4500,0 $\mu\text{g/kg TS}$) im Bereich des ehemaligen Dammes zwischen den Rieselbecken auf, was auf die periodische Entfernung des Schlammes aus den Becken und die Ablagerung an den Beckenrändern im Dammbereich zurückzuführen ist.

3.2. Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Regionale PCB-Belastung der Böden

Bei der Durchsicht der im Oberboden von 12 Leitprofilen ehemaliger Rieselfelder gefundenen PCB-Konzentrationen wird deutlich, daß die PCB in 4 Leitprofilen (= 30 %) nur in ganz geringen Konzentrationen, die alle unter der Bestimmungsgrenze des Analyseverfahrens liegen, angereichert sind (Abb. 4).

Dies sind die Beprobungspunkte 3 (Ö Hobrechtsfelde), 5 (Forst Buch, Kontrollfläche = W), 12 (Karo- wer Teiche) und 13 (Blankenfelde).

In den anderen Untersuchungsflächen zeigen die PCB, in ähnlicher Weise wie die PAK, eine starke regionale Variabilität.

Der PCB-Kongener-Summenprüfwert nach der Berliner Liste (SENATSWERWALTUNG FÜR INNERES 1990) liegt für Flächen mit sensibler Nutzung bei 1.000 $\mu\text{g/kg TS}$.

Es kommt an keinem Bohrpunkt zu einer Überschreitung der Ib-Werte der Berliner Liste.

Fig. 4
PCB-concentrations in soil profiles (0–30 cm) of a former sewage farm system in Berlin (regional distribution pattern)

Kleinräumige Variabilität der PCB-Belastung der Böden

7 von 14 Bodenproben aus dem die kleinräumige Variabilität widerspiegelnden Transekt I können als belastet ($> 1000 \mu\text{g/kg TS}$) nach der Berliner Liste eingestuft werden (Abb. 5).

Auch bei den PCB trat innerhalb des Transekts die höchste Belastung im ehemaligen Dammbereich auf, wo der Oberboden wiederum die höchsten Gehalte an organischer Substanz aufweist.

Bei den PCB ist, ähnlich wie bei den PAK, eine starke Adsorptionsneigung an die organische Bodensubstanz zu konstatieren ($R^2 = 0,6$; $n = 82$; AUHAGEN et al. 1994).

4. Diskussion

Die in den Rieselfeldböden von Berlin-Buch ermittelten Schadstoffkonzentrationen liegen bei den PAK in den gleichen Größenordnungen, wie z.B. auf Rieselfeldern in Münster (FELIX-HENNINGSEN al. 1993) oder in unmittelbarer Nähe von stark befahrenen Straßen (FLEISCHMANN WILKE 1991) gefunden und damit noch deutlich unter altlasttypischen Belastungen von z.B. Gaswerksböden, wo PAK-Gehalte im Substrat von bis zu 20.000 mg/kg TS auftreten können (ANONYM 1994). Polychlorierte Biphenyle treten in ähnlichen Konzentrationen, wie in Berlin gefunden, nur selten in Böden auf, auch intensiv mit Klärschlamm behandelte Böden wiesen in NW-England nur Maximalgehalte von 550 $\mu\text{g/kg TS}$ auf

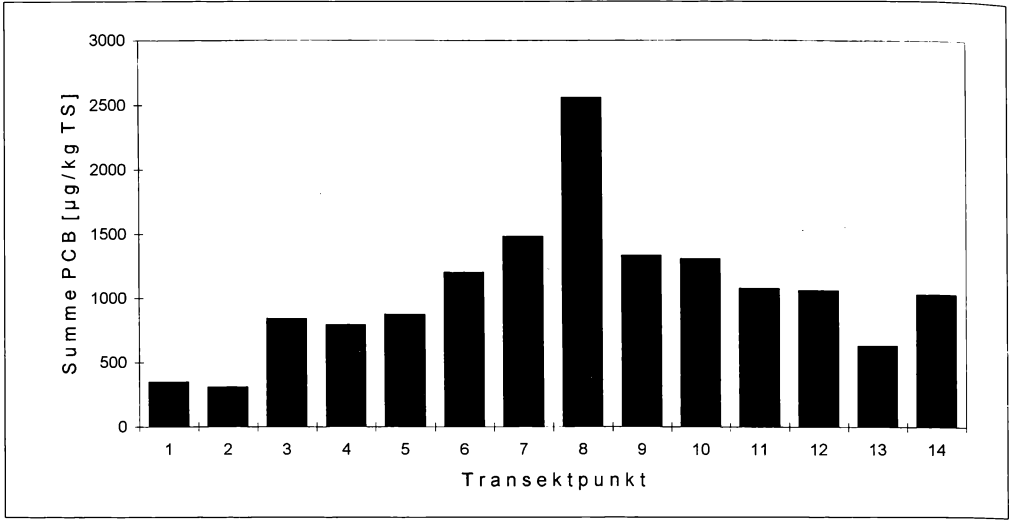


Abb. 5

PCB-Konzentrationen (nach BALLSCHMITER & ZELL 1987) im Oberboden (0–20 cm) auf einem Rieselfeldtransekt (Länge 150 m) im Bereich der Abt. 709 des Forstamtes Berlin-Buch

Fig. 5

PCB-concentrations in top soil layers (0–20 cm) in a former sewage farm system (transect dimension 150 m) in Berlin

(ALCOCK et al. 1993). Höhere Belastungen als auf den ehemaligen Rieselfeldern finden sich flächenhaft dagegen eher in Fluß- und Seesedimenten (BERGEN et al. 1993).

Aufgrund der starken Adsorption dieser Schadstoffe an die organische Bodensubstanz ist im Gegensatz zu den Schwermetallen (AUHAGEN et al. 1994) eine Verlagerung mit dem Sickerwasser unwahrscheinlich, wie dies FELIX-HENNINGSSEN et al. (1993) für niedermolekulare PAK nachweisen konnten. Allerdings handelt es sich sowohl bei der organischen Substanz als auch bei den Schadstoffen aufgrund von bodenmikrobiologischen Ab- und Umbauprozessen nicht um stabile Matrices, sondern um qualitativ und quantitativ dynamische Systeme, in denen Konzentrationsniveaus und Sorptionskoeffizienten keine stabilen Größen darstellen. Dies ist auf dem Rieselfeldgelände im Bereich des Forstamtes Berlin-Buch sicher besonders ausgeprägt, da durch die Einstellung der Abwasserverrieselung (1984), durch Bodenbearbeitung und durch die Etablierung neuer Pflanzenbestände bzw. die Versuche dazu große Veränderungen im Bestand der bodenmikrobiologischen Biozönose sowie im Bodenwasser- und auch im Stoffhaushalt eingetreten sind und noch anhalten (u.a. Grundwasserabsenkung, Bodenversauerung, Humusabbau). Hinzu kommt, daß zur Immobilisierung der Schwermetalle pH-stabilisierende Maßnahmen wie Kalkungen z.Z. diskutiert werden, die wiederum einen starken Einfluß auf die Zusammensetzung und Aktivität der Bodenbiozönose haben können.

Eine ökotoxikologische Bewertung der vorliegenden PAK- und PCB-Belastungen, die sich nicht an den eher humantoxikologisch begründeten Grenzwerten und Prüfverfahren der Berliner Liste orientiert, fällt z.Z. schwer, da solche Untersuchungen für Bodenprozesse und Bodenorganismen bisher nicht vorliegen. Auch eine Einschätzung einer möglichen Grundwassergefährdung, wie sie in den sorptionsschwachen und gut wasserleitenden Sanden vorstellbar wäre, kann aufgrund fehlender Untersuchungen bisher nicht vorgenommen werden. Auf diesen Gebieten besteht daher noch großer Forschungsbedarf.

5. Literatur

- ANONYM, 1994: Bakterieller Abbau von PAK. – Labor Praxis 1: 50–51.
- ALCOCK, R.E., A.E. JOHNSTON, S.P. MCGRATH, M.L. BERROW & K.C. JONES, 1993: Long-term changes in the polychlorinated biphenyl content of United Kingdom soils. – Environ. Sci. Technol. 27: 1918–1923.
- AUHAGEN, A., R. CORNELIUS, E. KILZ, S. KOHL, M. KRAUSS, K. LAKENBERG, B. MARSCHNER, W. SCHILLING, H. SCHLOSSER & A. SCHMIDT, 1994: Sanierungs- und Gestaltungskonzeption für die ehemaligen Rieselfelder im Bereich des Forstamtes Buch. Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten 4. – Kulturbuch-Verlag, Berlin. 237 S.

- BALLSCHMITER, K. & M. ZELL, 1987: Analysis of PCBs by glass capillary gas chromatography; composition of technical Aroclor and Clophen-B mixtures. – *Fres. Z. Anal. Chemie* 302: 84–94.
- BERGEN, B.J., W.G. NELSON R.J. PRUELL, 1993: Partitioning of polychlorinated biphenyl congeners in the sea water of New Bedford Harbor, Massachusetts. – *Environ. Sci. Technol.* 27: 938–942.
- BLUME, H.-P., 1992: Handbuch des Bodenschutzes. – ecomed-Verlag, Landsberg/Lech: 794 S.
- FELIX-HENNINGSSEN, P., A. WILBERS G. CRÖSS-MANN, 1993: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) in den Böden der Rieselfelder der Stadt Münster (Westfalen). – *Z. Pflanzenernähr. Bodenkde.* 156: 115–121.
- FLEISCHMANN, S. & B.-M. WILKE, 1991: PAK's in Straßenböden. – *Mitt. Deutsch. Bodenkundl. Ges.* 63: 99–102.
- KÖNIG, K. & P. LACOUR, 1915: Die Reinigung städtischer Abwässer in Deutschland nach den natürlichen biologischen Verfahren. – Parey Verlag, Berlin: 84 S.
- SENATSVORWALTUNG FÜR INNERES, 1990: Bewertungskriterien für die Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin (Berliner Liste). – *Amtsblatt Berlin*, 40. Jahrgang, Nr. 65: 2464-2469.
- SOWA, E., 1992: Schutzgutbezogene Folgenutzung von Rieselfeldern. – In: D. ROSENKRANZ, G. BACHMANN, G. EINSELE, H.M. HARRESS (Hrsg.): *Bodenschutz*. – E. Schmidt Verlag, Berlin, ergänzb. Handbuch.

Adresse

PD Dr. habil. Werner Kratz
 FU Berlin, Fachbereich Biologie WE 5
 Grunewaldstr. 34
 12165 Berlin

Dr. Bernd Marschner
 TU Berlin, FB 14
 Institut für Ökologie
 – Bodenkunde –
 Salzufer 11–12
 10587 Berlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Kratz Werner, Marschner Bernd

Artikel/Article: [Untersuchungen zu organisch-chemischen Bodenbelastungen in den ehemaligen Rieselfeldern in Berlin-Buch 593-599](#)