

## TIEFENVERTEILUNG VON BLEI IN EINEM WALDBODEN IM STAATSWALD SCHWETZINGER FORST NAHE SANDHAUSEN BEI HEIDELBERG

M. Schütz & H. Dörr, Heidelberg

Unter dem Aspekt, wieviel anthropogenes Blei in einem an geogenem Blei freien, leicht basischen Waldboden vorliegt, wurde in einem Bodenprofil die Bleiverteilung untersucht und auf das tiefenspezifische Trockenraumgewicht (Dichte) normiert.

Das aus der Atmosphäre eingetragene, anthropogene Blei scheint in seinem Gesamtbestand in den humifizierten Schichten der Pararendzina gespeichert zu sein. Im Ausgangssubstrat der Bodenbildung (Dünensand) und in dessen Sickerwasser konnte kein Blei gemessen werden.

Die Bleiverteilung im Oberboden resultiert daraus, daß das Blei aus den ersten beiden Zentimetern des Bodens durch Niederschläge zum Teil ausgewaschen (Auslaugungsversuch), dann an organische Substanzen gebunden mit deren Zersetzungsprodukten im Boden nach unten verlagert wird. Zusätzlich ist von einer depositionsbedingten Altersschichtung und einer emissionsbedingten Tiefenverteilung des Bleis auszugehen.

### Einleitung

Die Bleikonzentration eines Bodens setzt sich aus einem natürlich vorhandenen (geogenen) und einem von zivilisatorischen Aktivitäten stammenden (anthropogenen) Anteil zusammen. Der geogene Anteil resultiert aus der physikalischen, chemischen und biologischen Verwitterung des Ausgangsgestein: saure Magmatite und Metamorphite zeigen die höchsten Bleikonzentrationen von durchschnittlich 20 mg/kg, Sedimente zeigen je nach Liefergebiet die niedrigsten Bleikonzentrationen um 0-10 mg/kg (AUBERT & PINTA, 1977). Das untersuchte Profil zeigt eine Pararendzina, die am Top einer karbonathaltigen, quarzreichen Flugsanddüne entstand. Man kann von einem geringen Bleigehalt des Ausgangsmaterials und einem daraus resultierenden geringen geogenen Bleigehalt des Bodens ausgehen. Die Bleibelastung der Böden, die über die obengenannten Werte hinausreicht, ist zu einem Großteil auf den Einfluß des Menschen und zwar auf Benzinblei zurückzuführen (SCHMIDT et al., 1987). Blei und seine Verbindungen liegt in der Luft als Aerosol vor und erreicht die Bodenoberfläche über Niederschläge und durch Ab-

setzen der Staubpartikel. Wälder sind mit ihrem Blätterdach ein idealer Filter für Aerosol; der Bleigehalt der Kronentraufe und besonders des jährlichen Laubfalls addieren sich zu der direkten nassen und trockenen Deposition. Durch die jährliche Deposition von organischem Material auf die Bodenoberfläche und den mikrobiellen Abbau des organischen Materials im gesamten Profil entsteht eine Altersschichtung (DÖRR & MÜNNICH, 1988). Da das Blei in den ersten 2 cm im Boden zu über 50% an das organische Material gebunden vorliegt, ist zu vermuten, daß das Blei auch mit dem organischen Material in die Tiefe verlagert wird. <sup>210</sup>Pb-Messungen am organischem Material der Probe (DÖRR & MÜNNICH, 1988) belegen diese Vermutung.

### Methoden

Zur Bodenklassifizierung und zwecks Probennahme wurden Sondierungen bis in 200 cm Tiefe und Stechzylinder-Beprobungen bis 24 cm Tiefe vorgenommen.

Die Bodenacidität wurde in rein wässriger Lösung bestimmt [pH(H<sub>2</sub>O)]. Der Gesamtkarbonatgehalt wurde nach der Scheibler-Methode ermittelt und in Gew.-% bzgl. der trockenen Probe angegeben. Das Trockenraumgewicht (Dichte) ist der Quotient aus Trockengewicht und Volumen der Zylinderprobe. Der Gehalt an organischem Material wurde aus Glühverlust und Na<sub>2</sub>Oxidation ermittelt.

Zur quantitativen Bleibestimmung wurde, nach Auswertung der Testaufschlüsse und Auslaugungsreihen, 1 g jeder Probe mit 10 ml VE-Wasser und mit 10 ml 65%iger HNO<sub>3</sub> übergossen und 24 Std. unter Schütteln aufgeschlossen. Alle Messungen wurden mit dem AAS-Modell 3030 von Perkin-Elmer des Instituts für Sedimentforschung der Universität Heidelberg durchgeführt. Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit wurden überprüft. Die Fehlerrechnung ergab eine Standardabweichung von 9.5%. Die Bleikonzentrationen der Extraktionslösungen lagen immer innerhalb des optimalen Meßbereichs der Flammen-AAS.

## Ergebnisse

### Bodenklassifikation, -acidität, Karbonatgehalt und Gehalt an organischem Material, Dichte

Der Bodeneinschlag repräsentiert eine Pararendzina, die sich aus dem kalkhaltigen Dünensand entwickelte. Sie ist relativ trocken mit einer geringeren Wasserkapazität als stärker verwitterte Böden. Auf Grund der ständigen Sandumlagerungen, die Dünen wanderten nachweisbar während des Mittelalters (HORMUTH, 1982), konnte sich am Top der Düne nur eine geringe Vegetationsdecke bilden. Nach dem Rohhumusstadium wurde der kalkreiche, feibis mittelkörnige Dünensand humifiziert und belebt. Der Kalkgehalt bewirkt, daß die Abfallstoffe der Vegetation als feinverteiltes Kalkhumat stabilisiert werden. Dadurch färbt sich der Oberboden dunkler als der gelbe Dünensand. Der Boden zeigt ein deutliches A-C-Profil. In beiden Horizonten ist der geogene Kalk erhalten, was den Boden schwach alkalisch macht (pH (H<sub>2</sub>O) um 8). Der Kalkgehalt steigt vom Oberboden zum Ausgangsmaterial hin an.

Der organische Gehalt eines Bodens variiert mit dem Bewuchs; der Beprobungsort ist ein Buchentyp mit vereinzelt Kiefern im Unterstand. Das Alter des Waldes liegt bei ca. 150 Jahren. Der organische Gehalt ist in den ersten 10 cm des Profils am höchsten (8,8 Gew. %), die Werte in den folgenden 20 cm schwanken um 3–4 Gew. %, um dann ab einer Tiefe von 30 cm nahezu konstant auf 1 Gew. % abzufallen. Das Ausgangssubstrat der Bodenbildung steht ab einer durchschnittlichen Tiefe von 17 cm an.

Die Dichte des Waldbodens resultiert zum Großteil aus der An- und Abreicherung von organischem Material. Die Dichte ist umgekehrt proportional zum organischen Gehalt eines Bodens. Die Verteilungskurve im Profil geht von einem Minimum (0,2 g/cm<sup>3</sup>) im ersten cm aus, dann zeichnet das Histogramm in seinem weiteren Verlauf die Abreicherung der organischen Substanz nach.

### 3.2. Tiefenänderung des Bleigehaltes

Das Profil zeigt bezüglich seines Bleigehalts eine typische Tiefenverteilung: ausgehend von hohen Anfangswerten in den ersten 10 cm des Profils (um 50 mg/kg), gehen die Werte innerhalb der folgenden 10 cm bis unter 1 mg/kg zurück. Ab 55 cm Tiefe ist kein Blei in den Proben meßbar, d. h. das Ausgangsmaterial der Bodenbildung, der kalkhaltige Dünensand hat keinen meßbaren geogenen Bleianteil.

Die Tiefenverteilung des Bleis zeigt, daß der anthropogene Bleigehalt in den an organischem Material besonders reichen oberen Zentimetern am höchsten ist und von unten nach oben die zunehmende Bleiemanission während des letzten Jahrhunderts reflektiert.

### Tiefenverlauf und Gesamtbestand des anthropogenen Bleis

Der Tiefenverlauf des anthropogenen Bleigehalts wird durch Subtraktion des geogenen Bleianteils (unter 1 mg/kg) von den Meßwerten und einer entsprechenden Korrektur bezüglich des Gehalts an organischem Material (organisches Material enthält kein geogenes Blei) nach folgender Formel bestimmt:

$$C_{\text{anthropogen}} = C_{\text{Pb}} \cdot (1 + C_{\text{org}}/100) \cdot \gamma_t$$

[ $\gamma_t$  = Trockenraumgewicht (Dichte)]

Folgendes konstruierte Beispiel soll die Problematik und den Sinn der Normierung der Bleiwerte auf das Trockenraumgewicht verdeutlichen: Gegeben sei je 1 m<sup>3</sup> trockenen Sandes und Torfes, die mit je einem Liter Lösung mit einem Bleigehalt von 1000 mg/kg versetzt sei. Untersucht man nun je 1 g Sand und Torf, würde man feststellen, daß die Sandprobe einen wesentlich geringeren Bleigehalt hätte als die weniger dichte Torfprobe. Zur Bestimmung des anthropogenen Bleibestands eines Bodens und zur Vergleichbarkeit mit anderen Böden müssen die Meßergebnisse (mg/kg) auf das probenspezifische Trockenraumgewicht bezogen und über die Tiefe integriert werden.

Im Profil steigt der Bleigehalt in den oberen cm an und nimmt dann kontinuierlich bis in 17 cm Tiefe ab. Der Anstieg ist auf die Zunahme der Dichte (der organische Gehalt nimmt ab), auf ein Bleimaximum in der Luft vor etwa 15 Jahren und vermutlich auf eine Auswaschung des Bleis aus dem Oberboden (bei einer Auslaugung unter neutralen Extraktionsbedingungen wird im Oberboden bereits eine Bleifraktion von über 9 % gewonnen) zurückzuführen. Der anthropogene Bleibestand wird durch Summation der Einzelwerte über die Tiefe bestimmt und beträgt  $3,6 \pm 0,9 \text{ g/m}^2$ . Der Fehler ist aus den Einzelfehlern bei der Bestimmung des anthropogenen Bleigehalts abgeschätzt.

### Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen führen zu folgenden Ergebnissen:

- Der Boden wird in cm-Schritten beprobt, um tiefenspezifische Aussagen über Dichte, Gehalt an organischem Material und Bleigehalt treffen zu können.
- Um auf den Bleieintrag schließen zu können, muß der gemessene Bleigehalt auf die Dichte der Probe normiert werden.
- Der anthropogene Bleibestand eines Bodens wird durch Summation der auf die Dichte normierten Einzelwerte bestimmt.

- Der untersuchte Waldboden hat keinen meßbaren geogenen Bleianteil.
- Das Bleiprofil zeigt einen charakteristischen Verlauf mit hohen Anfangswerten, die auf ein Maximum ansteigen und im weiteren Verlauf bis unter die Nachweisgrenze zurückgehen.  
Der Tiefenverlauf des Bleis wird damit begründet, daß das Blei
  - a) mit dem Sickerwasser in mehrere cm Tiefe vordringen kann (schon unter neutralen Extraktionsbedingungen sind es über 9% des Gesamtbleigehalts);
  - b) an organische Stoffe gebunden ist und bei deren Zersetzung in die Tiefe verlagert wird;
  - c) in seinem Verlauf den Beginn und die in ihrem Andauern steigende anthropogen bedingte Bleiemission nachzeichnet.

## Literatur

- AUBERT, M. & PINTA, M. (1977): Trace Elements in Soils. - Amsterdam, Oxford, New York (Elsevier).
- DÖRR, H. & MÜNNICH, K. O. (1988): Downward movement of soil organic matter and its influence of trace element transport ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) in the soil. - Radiocarbon (in press).
- HORMUTH, K. F. (1951): Eine bronzezeitliche Siedlung in den Dünen bei St. Ilgen, Landkreis Heidelberg. - Badische Fundberichte, 19, 45–56, Heidelberg.
- SCHMIDT, M., MAMPEL, U. & NEUMANN, U. (1987): Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung. - Heidelberg (Wunderhorn).
- UBA (1987): Jahresbericht. - Berlin.