

8 Zusammenfassung

Der Boden wird als wichtigste Naturressource für die Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Zweige der Volkswirtschaft Bulgariens betrachtet. Die Qualität des Bodens ist an vielen Standorten durch punktuelle und diffuse anorganische und organische Schadstoffquellen gefährdet, die innerhalb der letzten 40 Jahre eingetragen wurden.

Ungefähr 20 Prozent der landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und urban genutzten Böden sind in ihrer Funktion degradiert und kontaminiert. Die gravierensten Umweltprobleme entstehen in Bereichen spezifischer Punktquellen der Schwerindustrie (Eisen- und Nichteisenmetallurgie-, Chemikalie- und Kleberfabriken) sowie der Landwirtschaft (Düngemittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, etc.), die durch Emissionen die Gesundheit der lokalen Bevölkerung gefährden. Diese Kontaminationen durch prioritäre Schadstoffe wie Schwermetalle und organische Umweltchemikalien stellen eine ökotoxikologisch relevantes Problem in den terrestrischen Ökosystemen dar.

In Südbulgarien ist eine der Hauptlandwirtschaftsregionen die Thracian Ebene, in der einige Punktquellen für Schwermetalle existieren, die sich in Schwermetallakkumulationen reflektieren.

Insbesondere die hohen Gehalte an Tonmineralien und organischer Matrix bilden ein hohes Sorptionspotential für diese Kontaminanten, dass sich in einer signifikanten Anreicherung infolge atmosphärischer Deposition reflektiert. In Backgroundterritorien tritt dabei das Problem der Differenzierung zwischen natürlichen und anthropogenen Gehalten auf. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Methoden der Differenzierung anorganischer Schadstoffe in Gesamtgehalte an Cd, Cu, Ni, Pb und Zn in einzelnen Bodenhorizonten kontaminierter und unkontaminierter Böden aus Südbulgarien, differenziert nach Korngrößenfraktionen.

Die untersuchten Böden wurden in 2 Gruppen unterteilt: kontaminierte Profile P1, P2, P3 (landwirtschaftliche Nutzung) und P4, P5 (Waldnutzung). In den kontaminierten Oberflächenproben der Bodenprofile P1, P2 und P3 wurden für Cd: 2–32 mg/kg; Cu: 136-180 mg/kg; Ni: 34-54 mg/kg; Pb: 33-1370 mg/kg und Zn: 65-1890 mg/kg ermittelt (Figure 7.1). Die bestimmten Gehalte variieren über einen breiten Konzentrationsbereich, für die

Elemente Cu, Pb und Zn wurden die maximal zulässigen Konzentrationen (MPC) der bulgarischen Standards überschritten, einen signifikanten Level der Kontamination durch nahegelegene Cu-Pb-Zn-Fabriken illustrierend. Generell wiesen alle 5 Bodenprofile gleiche Tiefenfunktionen mit Akkumulationen in den oberen 30 cm (Pflughorizont) auf, denen eine starke Abnahme in der Tiefe folgte. Es waren keine Anzeichen einer Migration in tiefere Bodenhorizonte zu erkennen.

Der Gesamtgehalt der Spurenmetalle in den tieferen Bodenhorizonten entspricht näherungsweise den Backgroundgehalten in Böden aus Bulgarien.

Im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Böden sind die Waldböden durch die Filtereigenschaft der Bäume geringer kontaminiert. Die Gehalte in den Waldbodenprofilen betragen Cd: <1mg/kg; Cu: 10-34 mg/kg; Ni: 15-80 mg/kg; Pb: 41-42 mg/kg; Zn: 70-153 mg/kg (Figure 7.1), sie liegen im Bereich der Backgroundlevel für bulgarische Böden. Den Hauptverteilungsprozess stellt das Leaching dar, dass keine signifikante Differenzierung zwischen den Elementen aufweist und keine Tiefenkontamination andeutet, sondern eine Folge tiefgreifender Verwitterung darstellt.

Die Untersuchungen zeigen eine klare Anreicherung in der Tonfraktion (Partikelkorngröße <0,002 mm), relativ zum Gesamtgehalt betrachtet. Die Gehalte in der Sandfraktion (Partikelkorngröße 2,0 – 0,2 mm) lagen nahe den Backgroundwerten für bulgarische Böden und denen im Anstehenden. Statistische Analysen ermittelten signifikante (90%) Übereinstimmungen zwischen den bestimmten Gehalten in der Sandfraktion der A- und C-Horizonte, unabhängig von Kontaminationsgrad.

Auf der Basis der bestimmten Gehalte wurden Critical Loads für die prioritären Schwermetalle Blei und Cadmium nach dem 1998 unterzeichneten Protokoll kalkuliert (GREGOR et al. 1999), die einen Indikator für die ökologische Sensibilität einer Region gegenüber diesem Schwermetall anzeigen und bei Überschreiten eine staatliche Reduktionsmaßnahme indizieren, auch wenn sie entfernt von der Quelle via atmosphärische Deposition auftreten. Die Kalkulation basiert auf einem simplen Modell, dass alle Kompartimente berücksichtigt und Depositionen, Düngemittel und weitere anthropogene Quellen mit einbezieht. Die Werte korrespondieren mit den Austrägen durch Ernte und Leaching sowie die natürlichen Einträge durch Verwitterung. Die Boden-qualitätskriterien bilden die Basis für die Critical

Load Kalkulation, diese sind aus Gesamtgehalten von Böden aus Backgroundterritorien abgeleitet. Dabei treten die Probleme der Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit als öko-toxikologische Basis auf. Deshalb wurde nach dem sensitivsten Pfad gesucht. Dieser stellte die Basis für die Kalkulation der Konzentrationen in der Bodenlösung dar, wobei Bodenvariablen wie der pH-Wert, Gehalt an Organik und der Tongehalt berücksichtigt wurden.

Die berechneten Critical Loads für Cadmium und Blei betragen: 1,0 – 3,12 mg.Cd m⁻².yr⁻¹ und 7,0-10,39 mg.Pb m⁻².yr⁻¹ für landwirtschaftliche Böden und 4,89 – 5,80 mg.Cd m⁻².yr⁻¹ und 15,7-18,4 mg.Pb m⁻².yr⁻¹ für Waldböden.

Die Critical Loads für Pb und Cd variieren in Abhängigkeit von der Landnutzung. Für Waldböden gelten entsprechend höhere Werte, wegen der erhöhten Filterkapazität und der erhöhten Niederschläge mit entsprechender Verteilung im Boden.

Die kalkulierten Gehalte für Cadmium liegen über denen für deutsche Böden nach der Bundesbodenschutzverordnung, eine gute initiale Indikation für sensitive Bereiche in Bulgarien anzeigend.

Weiterhin wurden in den Oberflächenproben prioritäre organische Umweltchemikalien bestimmt, um Hintergrundwerte für diese Klasse von Kontaminanten zu bestimmen. Die PAH-Konzentrationen rangierten von 31,01 µg ΣPAH kg⁻¹ bis 56,44 µg ΣPAH kg⁻¹ TS für landwirtschaftliche Böden und zwischen 22,09 µg ΣPAH kg⁻¹ und 28,66 µg ΣPAH kg⁻¹ TS für Waldböden (siehe Figur 7.2). Diese Konzentrationen repräsentieren sehr geringe Hintergrundgehalte, die keine Kontamination durch diese Verbindungen darstellen. Bei den Einzelkomponenten dominieren die 2- bis 4-ring PAH Naphthalin, Phenanthren, Fluoranthen und in geringerem Maße Pyren und Chrysen. Die für KFZ-Emissionen typischen Benzo[b]fluoranthen und Benzo[ghi]perylen wurden nur in den landwirtschaftlichen Böden P1, P2 und P3 nachgewiesen. In den Waldböden konnten auch natürliche Anteile bestimmt werden. Z. B. entsteht Phenanthren auch durch Reduktion von Abietin- und Pimarinsäure, die in Nadelgehölzen wie *Pinus sylvestris* vorkommen. Die Gehalte aller Einzelkomponenten liegen im Bereich der natürlichen Backgroundlevel von 1 – 10 µgkg⁻¹ TS je Substanz.

Im Gegensatz zu den PAHs wurden DDX-Kongenere in z.T. deutlich erhöhten Konzentrationen von 11,24 bis zu 950,43 $\mu\text{g } \Sigma\text{DDX kg}^{-1} \text{ TS}$ nachgewiesen (siehe Figur 7.3). Die höchsten Gehalte im Boden P2 waren um den Faktor 30 höher als in anderen Proben. Das Verhältnis von p-p'-DDT zu p-p'-DDE indiziert durch niedrige Wert von 0,12 bis 1,10 eine ältere Applikation gegenüber einer rezenten Applikation mit hohen DDT-Konzentrationen. Das höchste Verhältnis wurde in der Probe P2 aus Pridop bestimmt. Weitere DDT Metabolite, wie DDMU, wurden nicht nachgewiesen, so dass eine langsame mikrobielle Degradation vorliegt.

Die vorliegende Arbeit dokumentiert die Notwendigkeit eines Monitoringprogrammes prioritärer Schadstoffe in bulgarischen Böden, die Anzahl der beprobten Böden erhebt keine Repräsentanz für das gesamte Land und sollte als Orientierungshilfe für weitere Arbeiten dienen.