

ASSESSING TOPSOIL HEAVY METAL CONTAMINATIONS DUE TO FORMER MINING ACTIVITIES

JÜRGEN SCHMIDT, ANDRÉ STEINZ & MARCUS SCHINDEWOLF

SUMMARY

The leaching rate of heavy metals with drainage water is a significant criterion for assessing heavy metal contaminations of soils and associated risks of ground water pollution. However, the transport rates of heavy metals in soils are difficult to quantify. First of all monitoring is limited to small lysimeter plots and results are hardly transferable. Secondly the solid-liquid-transfer conditions in soils are highly variable, primarily due to the alternating retention time of percolating soil water.

This paper aims to introduce a new method that allows to estimate the leaching rate of heavy metals from contaminated top soils for standardised transfer conditions. The method should provide an effective and easy to use tool for the assessment of contaminated soils on regional scale. The developed method is based on metal specific transfer functions which have to be determined experimentally. For laboratory tests 16 undisturbed soil columns were taken at different highly contaminated sites in the German States of Sachsen and Baden-Wuerttemberg. Parallel to the column tests the mobilizable metal contents of each of the tested soils were determined using different standardised extraction methods (DIN 38414, 19730, 19735). Measured metal concentrations of percolating soil water at unsaturated, steady-state flow conditions were plotted as a function of corresponding mobilizable metal contents of the tested soils. This comparison results in a set of empirical functions – one for each extraction method respectively metal species. Best fit was obtained using the NH_4NO_3 -extraction (DIN 19730), where correlation coefficients range between $r=0,62$ and $r=0,85$. Since NH_4NO_3 mobilizable metal contents are available on regional scale in Germany the empirical transfer functions allow to calculate metal concentration of percolating soil water based on mobilizable metal contents as determined by simple extraction methods. As a first example heavy metal concentrations were calculated for the Mulde river basin in Saxony (eastern Germany) based on available NH_4NO_3 monitoring data of about 4600 topsoil samples. Leaching rates were calculated by multiplying the resulting metal concentrations with local groundwater recharge rates. In order to assess subsurface retention the calculated topsoil losses for Zn and Pb were compared with measured metal discharge rates of a selected river catchment resulting in a much greater retention of Pb than Zn.

Keywords: heavy metals, leaching rates, ground water pollution

ZUSAMMENFASSUNG

Die Auswaschungsrate von Schwermetallen mit dem Sickerwasser ist ein entscheidendes Kriterium für die Bewertung der Schwermetallbelastung eines Bodens und der damit einhergehenden Risiken einer Grundwasserkontamination. Die Transportraten von Schwermetallen in Böden sind jedoch schwierig zu bestimmen. Messungen mittels Lysimeterverfahren sind auf kleinräumige Untersuchungsflächen beschränkt und die Ergebnisse sind kaum übertragbar. Zum anderen sind die Transferbedingungen zwischen fester und flüssiger Phase im Boden sehr variabel, was hauptsächlich auf die wechselnden Retentionszeiten für das perkolierende Bodenwasser zurückzuführen ist. Die Untersuchung zielt darauf ab, eine neue Methode vorzustellen, die es ermöglicht, die Auswaschungsrate für Schwermetalle aus belasteten Oberböden für standardisierte Transferbedingungen abzuschätzen. Die Methode stellt ein effektives und einfach handhabbares Werkzeug dar, die Belastung kontaminierter Böden auf regionaler Ebene zu ermitteln. Das entwickelte Verfahren basiert auf metallspezifischen Transferfunktionen, die experimentell bestimmt wurden. Dafür wurden 16 ungestörte Bodensäulen von unterschiedlich belasteten Standorten in den deutschen Bundesländern Sachsen und Baden-Württemberg entnommen und im Labor untersucht. Parallel zu den Säulentests wurde für jede untersuchte Probe zusätzlich die mobilisierbare Metallkonzentration mit standardisierten Extraktionsmethoden bestimmt (DIN 38414, 19730, 19735). Die gemessenen Metallkonzentrationen im Perkolationswasser unter ungesättigten, stationären Strömungsbedingungen wurden mit den korrespondierenden mobilisierbaren Metallkonzentration der getesteten Böden in Beziehung gesetzt. Dieser Vergleich resultiert in einem Set empirischer Funktionen – jeweils eine für jede Extraktionsmethode beziehungsweise Metallspezies. Die beste Übereinstimmung wurde mit der NH_4NO_3 -Extraktion (DIN 19730) erzielt, mit einem Korrelationskoeffizient zwischen $r=0,62$ und $r=0,85$. Da mittels NH_4NO_3 mobilisierbare Metallgehalte auf regionaler Ebene in Deutschland verbreitet vorliegen, erlauben die empirisch gewonnenen Transferfunktionen die Metallkonzentration im Perkolationswasser im Boden basierend auf den enthaltenen mobilisierbaren Metallgehalten zu bestimmen, so, wie sie mit einfachen Extraktionsmethoden ermittelt werden. Beispielhaft wurde die Schwermetallkonzentrationen für den Fluss Mulde in Sachsen (Ostdeutschland) auf Grundlage von 4600 zur Verfügung stehender Oberflächenproben aus NH_4NO_3 -Monitoringdaten berechnet. Die Auswaschungsraten wurden ermittelt, indem die resultierenden Metallkonzentrationen mit den lokalen Grundwasserneubildungsraten multipliziert wurden. Um das Rückhaltevermögen des Untergrundes zu bestimmen, wurden die berechneten Oberflächenverluste für Zn und Pb mit den gemessenen Schwermetallaustragungsraten eines ausgewählten Flusseinzugsgebietes verglichen. Die Ergebnisse zeigen eine bedeutend größere Rückhaltung für Pb als für Zn.

Schlüsselworte: Schwermetalle, Auswaschungsraten, Grundwasserkontamination