

Erfassung schädlicher Bodenveränderungen durch atmosphärische Deposition von persistenten organischen Verbindungen (POP)

Förderkennzeichen: BWR 22006

Tilman Gocht, Kerstin Ruopp, Peter Grathwohl

1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Anhaltende Emissionen persistenter organischer Schadstoffe (POP) führen zur ubiquitären Verbreitung dieser Substanzen durch atmosphärischen Transport und Deposition. Das Verhalten dieser Schadstoffe in Umweltsystemen wurde durch einen Massenbilanzierungsansatz auf der Skala kleiner Einzugsgebiete untersucht. Als Vertreter der POP wurde dieser Ansatz für die Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) verfolgt.

Die PAK-Deposition weist zwar deutliche saisonale Schwankungen auf, die Jahresfrachten in die Einzugsgebiete sind jedoch relativ konstant. Die jährlichen Eintragsraten der nicht volatilen PAK erreichen in ländlichen Gebieten ca. $100 \mu\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$. Ähnliche Verteilungsmuster zwischen PAK-Konzentrationen in Oberböden und atmosphärischer Deposition weisen auf eine enge Verknüpfung zwischen beiden Kompartimenten und insbesondere eine hohe Stabilität der PAK in den Böden im Anschluss an die Deposition hin. In den Böden wurden die höchsten PAK-Konzentrationen mit bis zu $5,5 \text{ mg kg}^{-1}$ in den Humusaufgaben ermittelt. In den Gewässeruntersuchungen hingegen wurden nur sehr niedrige PAK-Konzentrationen gemessen. Die Massenbilanzierung führte zu dem Ergebnis, dass aktuell $> 90\%$ der eingetragenen PAK in den Untersuchungsgebieten verbleiben und in den Böden akkumulieren.

Die Persistenz der Schadstoffe wird sehr wahrscheinlich durch Sorption an Rußpartikel bedingt, die auch in der aktuellen Diskussion um atmosphärische Feinstäube eine große Rolle spielen. Demzufolge binden die PAK bereits an den Quellen an diese Partikel und werden mit diesen in der Atmosphäre transportiert, bis sie schließlich vor allem mit dem Niederschlag in die Böden eingetragen werden und sich dort anreichern. Bei gleich bleibenden Emission ist daher mit weiter steigenden PAK-Konzentrationen in Oberböden zu rechnen. Eine Modellrechnung mit progressiver Fortschreibung der aktuellen Depositionsraten führte zu dem Ergebnis, dass in ca. 150 Jahren die Vorsorgewerte in den gegenüber den Einträgen empfindlichsten Bodenhorizonten (Humusaufgaben bzw. Oberböden) im ländlichen Raum erreicht werden.

2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch Ihre Forschungsergebnisse?

Der Ansatz zeitlich und räumlich integrierender Frachtenberechnungen auf der Skala kleiner Wassereinzugsgebiete zur Erfassung der relevanten Prozesse unter Freilandbedingungen wurde erfolgreich auf die Stoffgruppe der PAK als Vertreter der persistenten organischen Schadstoffe übertragen. In den Böden zeichnen sich die PAK durch eine ausgesprochen hohe Stabilität (Persistenz) aus. Dies belegt einerseits die hohe Übereinstimmung der PAK-

Verteilungsmuster zwischen atmosphärischer Deposition und Boden. Andererseits erbrachte auch ein quantitativer Vergleich zwischen historischer atmosphärischer Deposition und Bodenbelastung keine Hinweise auf einen nennenswerten Abbau dieser Substanzen.

Da sowohl in der atmosphärischen Deposition als auch in den Oberböden kohlige Partikel (Ruß) detektiert wurden und diese Partikel von den gleichen Quellen wie die PAK emittiert werden, wurde die über das Forschungsprojekt hinaus gehende Hypothese entwickelt, dass die PAK-Belastung im ländlichen Raum in erster Linie durch den simultanen Eintrag von solchen kohligten Partikeln gesteuert wird. Dann sind auf diesen Partikeln PAK-Konzentrationen im g kg^{-1} -Bereich zu erwarten. Dies würde auch bedeuten, dass die PAK ihre Sorbenten mit der atmosphärischen Deposition mitbringen. Sollte sich herausstellen, dass auch die kohligten Partikel in den Böden stabil sind, würde die Sorptionskapazität in den Böden über die Zeit ansteigen. Ein Durchbruch von PAK durch die ungesättigte Bodenzone wäre damit prinzipiell auch in ferner Zukunft nicht zu erwarten, wohl aber steigende PAK-Konzentrationen in den Oberböden. Eine Überprüfung dieser bislang ungeklärten Fragen soll in zukünftigen Projekten erfolgen.

Im Rahmen des Projektes wurden erstmals Hinweise für eine natürliche Perylen-Generierung unter terrestrischen Standortbedingungen gefunden. Bei Perylen handelt es sich um ein PAK mit 5 kondensierten Ringen. Damit unterscheidet es sich nur durch die Anordnung der Ringe vom stark kanzerogenen Benzo(a)pyren. Die Prozesse, die zu einer natürlichen in-situ-Generierung von Perylen in Unterböden beitragen, sind bisher unbekannt und sollen ebenfalls in zukünftigen Forschungsprojekten aufgeklärt werden.

3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?

Für die Belange des Bodenschutzes hat sich das zeitlich integrierende Depositionsmonitoring zur Ermittlung von Stoffeinträgen in die Böden hervorragend bewährt. Aufgrund der geringen räumlichen Variabilität der Jahresdeposition reichen vergleichsweise wenige Standorte aus, um zu repräsentativen Aussagen über den PAK- bzw. POP-Eintrag in die Böden zu gelangen. Durch Installation von Depositionssammlern auf ausgewählten Boden-Dauerbeobachtungsflächen kann somit mit geringst möglichem Aufwand das Ziel der Erfassung zusätzlicher Stoffeinträge in die Böden aus atmosphärischer Deposition erreicht werden.

Prinzipiell eignet sich das Probennahmesystem auch für das Monitoring auf andere organische Schadstoffe mit ähnlichen physiko-chemischen Eigenschaften wie die PAK. Es muss jedoch sorgfältig darauf geachtet werden, dass die Vorbelastung des Adsorbentmaterials in einem vertretbaren Rahmen liegt. Hinsichtlich der Phthalate musste festgestellt werden, dass die vom Hersteller gelieferten Chargen diesbezüglich erhebliche Unterschiede aufweisen.

Sollte sich in weitergehenden Untersuchungen bestätigen, dass kohlige Partikel die Träger bei der atmosphärischen PAK-Verbreitung sowie der PAK-Belastung der Böden darstellen, so könnte eine Rückhaltung dieser Partikel an den Quellen ("Feinstaub") auch zu einer nennenswerten Reduktion des PAK-Eintrags in Böden führen.