Nutzung von Böden aus Dauerfeldversuchen für Modelluntersuchungen zu Transfer- und Bindungsprozessen organischer Fremdstoffe im System Boden – Pflanze

Schulz, E. und Heinrich, K.

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,
Sektion Bodenforschung,
Theodor-Lieser-Straße 4,
D-06120 Halle/Saale

Einleitung und Zielstellung

Das Verhalten von Fremdstoffen im Boden wird entscheidend durch die Bindung an die organische Bodensubstanz (OBS), an gelöste (DOC), an leicht umsetzbare oder stabilisierte Fraktionen der OBS bestimmt. Zur Untersuchung der Mobilität und Verfügbarkeit von organischen Schadstoffen sind Gefäßversuche zur Aufnahme dieser Stoffe aus dem Boden in die Pflanzen geeignet . Dabei sind Böden aus Dauerversuchen verschiedener Standorte von besonderer Bedeutung, da sowohl der Einfluß des organischen Kohlenstoffs (OBS) als auch der Bodenart (Tongehalt) geprüft werden können. Der Zusammenhang zwischen der Aufnahme von organischen Fremdstoffen aus dem Boden in die Pflanze und der Verteilung der Schadstoffe in unterschiedlich stabilisierten Fraktionen der OBS wird untersucht.

Material

Für die Untersuchungen wurden Böden von Dauerfeldversuchen verschiedener Standorte aus einer Tiefe von 0 – 30 cm entnommen: Löß-Schwarzerde des Statischen Dauerdüngungsversuches Bad Lauchstädt (20 % Ton, 1,57 – 3,07 % C_{org}); Tieflehm-Fahlerde des Nährstoffmangelversuches Thyrow (2 % Ton, 0,37 – 0,70 % C_{org}). Außerdem wurde Boden einer ortsüblich bewirtschafteten „Ausgleichsfläche" (Thyrow) sowie einer ehemaligen Stalldung-/Gülle-Deponie (Bad Lauchstädt) verwendet.

Im **Gefäßversuch** wurde die Aufnahme zweier Organochlorpestizide (Lindan und Methoxychlor) durch Kulturpflanzen untersucht (Heinrich, 1998). Im **Laborversuch** wurden die Böden einer physikalischen Fraktionierung der OBS nach Korngrößen- und Dichteunterschieden (Schaimuchametov et al., 1985) sowie nach dem Grad der Umsetzbarkeit der OBS einer Heißwasserextraktion unterzogen (Schulz, 1990, 1997; Schulz u. Körschens, 1998). Die Pestizidgehalte der Pflanzen, Böden, Bodenfraktionen und Wässer wurden nach unterschiedlichen Extraktions- und Aufarbeitungsverfahren kapillargaschromatographisch mittels ECD bzw. MSD ermittelt.

Ergebnisse

Im Gefäßversuch wurde der Einfluß der Bodenart sowie des Gehaltes der Böden an organischem Kohlenstoff auf die Aufnahme von Lindan bzw. Methoxychlor untersucht (Heinrich u. Schulz, 1996, 1997; Heinrich, 1998). Daraus konnte eine hochsignifikante negative Korrelation zwischen der Aufnahme der Pestizide und dem C_{org}–Gehalt des Bodens abgeleitet werden. Die Aufnahme der meist nur wenig wasserlöslichen Pestizide setzt eine Verfügbarkeit in der Bodenlösung voraus bzw. eine Nachlieferung aus leicht umsetzbaren OBS-Fraktionen. Die Verfügbarkeit in der Bodenlösung wird drastisch herabgesetzt, wenn der Fremdstoff sorbiert wird bzw. bevorzugt Bindungen zu stabilisierten Bodenfraktionen eingeht wie z.B. zu stabilisierten Komplexen zwischen der OBS und der Mineralkomponente von Böden (Organomineralische Komplexe - OMK). Die physikalische Fraktionierung der Böden nach Korngrößen- und Dichteunterschieden ermöglicht die Isolierung von Fraktionen der OBS hinsichtlich ihres Stabilisierungsgrades ohne eine wesentliche Veränderung ihrer Eigenschaften. Nach Abtrennung einer Tonfraktion werden zwei „leichte" Fraktionen (LF) mit geringer spezischer Dichte (LF1: < 1,8 g/cm³; LF2: 1,8 - 2,0 g/cm³) sowie der Fraktionierungsrückstand isoliert. Im Massenanteil der Tonfraktion spiegelt sich die Bodenart wider (Abb. 1). Gleichzeitig ist zu sehen, daß sich die Massenanteile der Summe der beiden LF wie auch deren Aufteilung in LF1 und LF2 bei beiden Bodenarten unterscheiden.

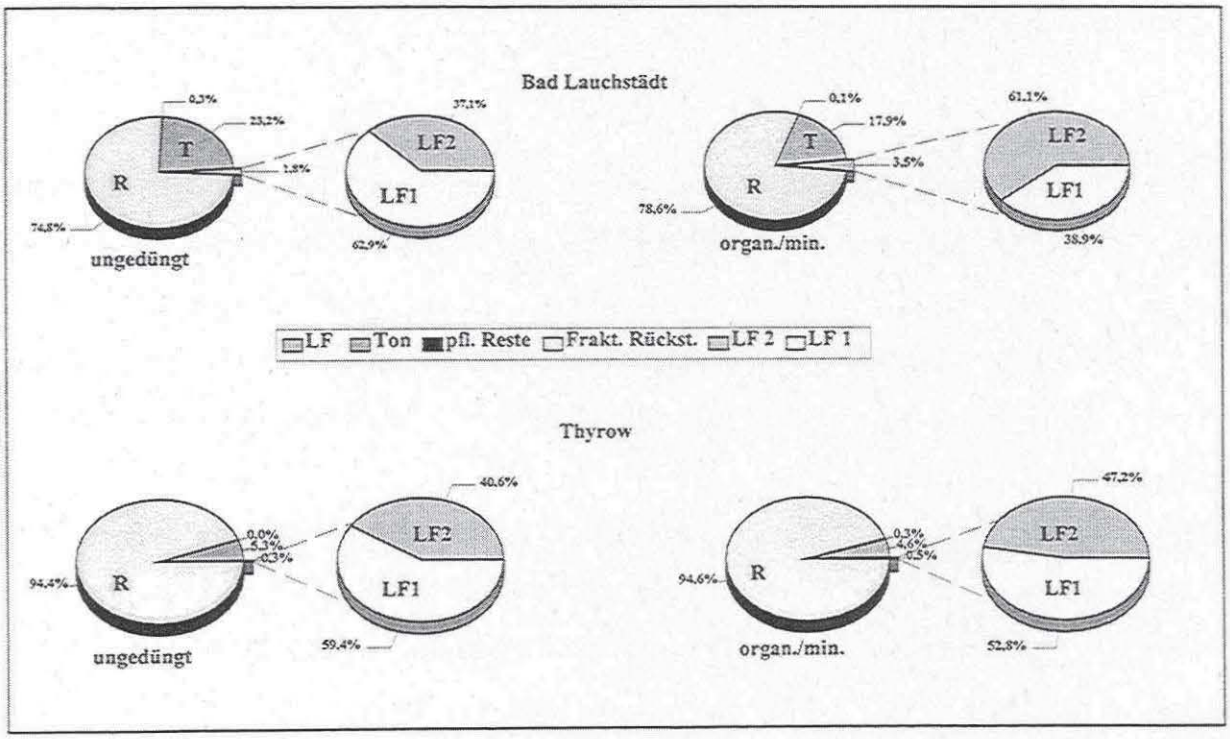

Abb. 1: Massenverteilung (%) von Korngrößen- und Dichtefraktionen der OBS der ungedüngten bzw. organisch/mineralisch gedüngten Varianten des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt sowie des Nährstoffmangelversuches Thyrow

Der Anteil LF1 mit geringster Stabilität ist vergleichsweise in der Tieflehm-Fahlerde vom Standort Thyrow höher als in der Löß-Schwarzerde des Standortes Bad Lauchstädt. Das ist plausibel, da die OBS der Schwarzerde eine andere Qualität besitzt, die deren besondere Stabilität ausmacht. Zusammen mit den klimatischen Faktoren ist das auch ein Grund für die höhere wirksame Mineralisierungszeit (WMZ; Franko u. Oelschlägel, 1995) am Standort Thyrow.

Erste Hinweise auf die unterschiedliche Qualität der OBS auch im Zusammenhang mit der Bodenart ergaben sich bei der Erfassung von Verlustpfaden der Pestizide Lindan und Methoxychlor der verwendeten Böden bei Abtrennung der Tonfraktion. Durch 15-malige Ultraschall-Anwendung in wässriger Suspension sind in Abhängigkeit von der Wasserlöslichkeit der Substanzen bereits Anteile in der Wasserphase nachweisbar (Abb. 2). Während Lindan aufgrund seiner relativ guten Wasserlöslichkeit in teilweise hohen Konzentrationen im Wasser nachweisbar ist, wird das schlecht wasserlösliche Methoxychlor mehr an die Bodenmatrix gebunden. Es zeigt sich deutlich der Einfluß der Bodenart und der OBS (C_{org}) auf den Gehalt an Lindan in der Wasserphase.

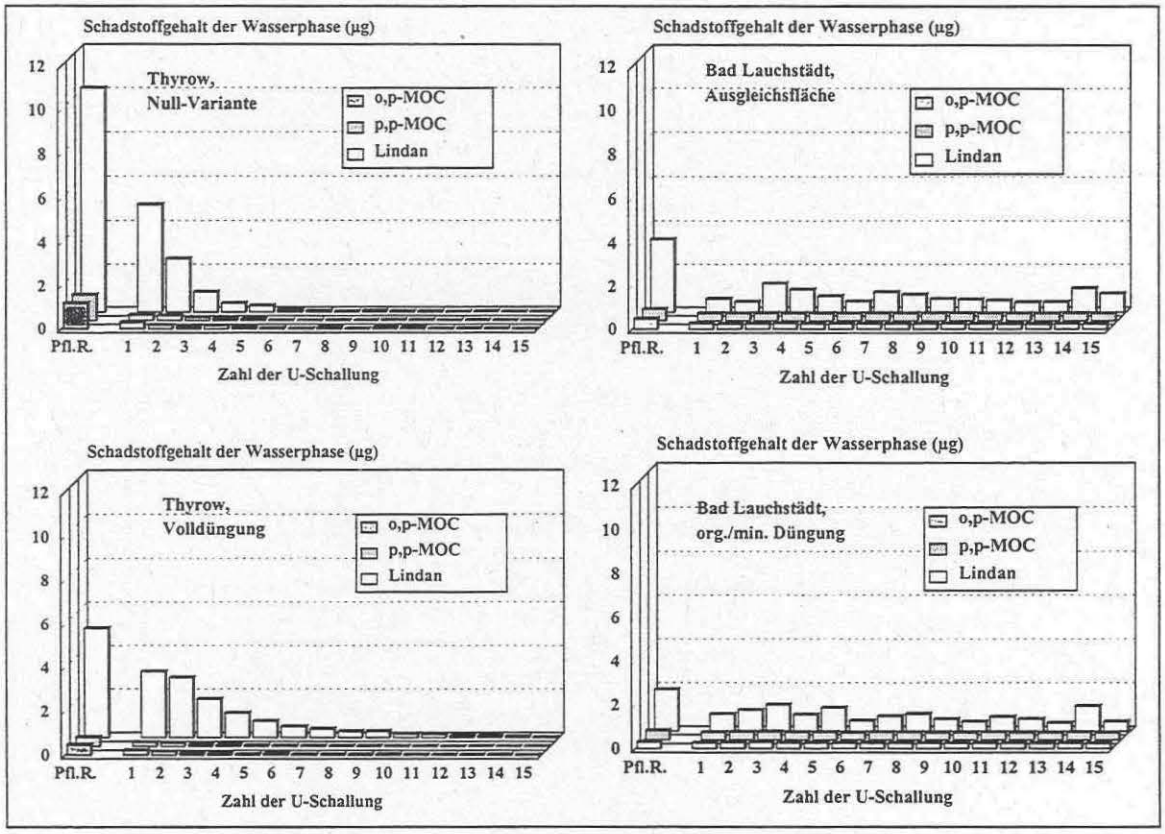

Abb. 2: Einfluß der Bodenart (Ton) und der OBS (C_{org}-Gehalt) auf die Verfügbarkeit von Organochlorpestiziden gemessen an deren Gehalt in der Wasserphase bei Ultraschall-Anwendung

Das Lindan wird in der Null-Variante des Dauerversuches Thyrow praktisch nicht sorbiert; durch Abtrennung der pflanzlichen Reste sowie der Tonfraktion ist Lindan praktisch vollständig in der Wasserphase enthalten. Der Einfluß der OBS zeigt sich bereits in der organisch/mineralisch

gedüngten Variante des Thyrower Versuches; die Wasserphasen enthalten in Summe nur noch rd. 75 % des Lindans. OBS- und Bodenarteinfluß wird anhand der Lindangehalte in den Wasserphasen der Bad Lauchstädter Böden sichtbar. Dort wurden rd. 50 % des Lindans sorbiert.

Zusammenfassung

Die Verfügbarkeit von Organochemikalien bzw. deren Stabilisierung im Boden ist neben den stofflichen Eigenschaften der Chemikalie selbst von den Standortfaktoren abhängig, wobei der Einfluß der OBS dominiert. Für eine Abschätzung des Verhaltens von Organika im System Boden – Pflanze ist es notwendig, deren Bindungen zu unterschiedlich stabilisierten Bodenfraktionen zu bestimmen. Korrelationen zwischen leicht umsetzbaren bzw. stabilisierten Fraktionen der OBS und daran gebundener (stabilisierter) organischer Fremdstoffe zu deren Verfügbarkeit (Aufnahme durch Pflanzen) werden erwartet und anhand von Experimenten mit Böden aus Dauerfeldversuchen analysiert.

Literatur

Franko, U.; Oelschlägel, B. (1995): Einfluß von Klima und Textur auf die biologische Aktivität beim Umsatz der organischen Bodensubstanz, Arch. Acker-Pfl. Boden., 39 , 155-163

Heinrich, K.; Schulz, E. (1996): Einfluß des Belastungsgrades unterschiedlicher Böden an ausgewählten pestizid wirkenden Chlorkohlenwasserstoffen auf deren Aufnahme durch Möhre im Gefäßversuch. Z. Pflanzenern Bodenkd. 159, 615-619

Heinrich, K.; Schulz, E. (1997): Untersuchungen zum Schadstofftransfer ausgewählter Organochlorpestizide und polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe aus einer Löß-Schwarzerde des Standortes Bad Lauchstädt in Mais. Rhizosphärenprozesse, Umweltstreß und Ökosystemstabilität, Hrsg. W. Merbach, B.G. Teubner Verlagsgesellsch. Stuttgart - Leipzig, 68-76

Heinrich, K. (1998): Untersuchungen zum Boden/Pflanze-Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. UFZ Bericht 11/1998, ISSN 0948-9452

Schaimuchametov M S, Titova N A, Travnikova L S, Labenets Y M (1985) Use of physical fractionation methods to characterize soil organic matter. Soviet Soil Sci. 16, 117-128

Schulz, E. (1990): Die heißwasserextrahierbare C-Fraktion als Kenngröße zur Einschätzung des Versorgungszustandes der Böden mit organischer Substanz (OS). Tag. Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin 295, 269-275

Schulz, E. (1997): Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe. Arch. Acker-Pfl. Boden, 41, 465-483

Schulz, E.; Körschens, M. (1998): Characterization of the decomposable part of soil organic matter (SOM) and transformation processes by hot water extraction. Eurasian Soil Science, Vol.. 31, No. 7, 809-813, Translated from Pochvovedenie, No. 7 (1998), 890-894

INTERNATIONALES SYMPOSIUM

Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen

Vom 3. bis 5. Juni 1999 in Halle/Saale

120 Jahre „Ewiger Roggenbau"
50 Jahre Hallenser Dauerdüngungsversuche

Veranstalter:
Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Deutsche Gesellschaft für Pflanzenernährung
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung
International Society for Sustainable Agriculture & Ressource Management, Hisar (Indien)
Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft

Schirmherr:
Der Minister für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt,
Herr **Johann Konrad Keller**

Sponsoren:
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Bonn
- Stadt Halle, Amt für Wirtschaftsförderung
- Gesellschaft der Freunde der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität
- Kali und Salz GmbH Kassel
- Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt
- Stiftungsfonds der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Hrsg.: Wolfgang Merbach und Martin Körschens