

Abschätzung des Risikopotenzials einer Anreicherung von Schwermetallen im Boden bei landwirtschaftlicher Kompostanwendung

Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Gemeinschaftsprojektes, das von der Gütegemeinschaft Kompost Region Süd e.V., der Staatlichen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt LUFA Augustenberg, dem Institut für Agrarpolitik der Universität Hohenheim und der Fachhochschule Nürtingen durchgeführt wurde, konnte abschließend u.a. festgestellt werden, dass das Risikopotenzial bei der landwirtschaftlichen Kompostanwendung gering und damit kalkulierbar ist, wenn die „Regeln guter fachlicher Praxis“ eingehalten werden.

Über die Ergebnisse des groß angelegten Projektes wurde in der Ausgabe 1/04 dieses Informationsdienstes bereits ausführlich berichtet. Ergänzend dazu wird nun die in zurückliegenden Diskussionen häufig gestellte Frage zum Risikopotenzial einer Anreicherung von Schwermetallen im Boden, aufbauend auf weiteren Ergebnissen der sechs Kompost-Dauerversuche des Projektes, noch einmal vertiefend diskutiert.

Obwohl die Schwermetallfrachten mit regulären Kompostgaben absolut gering ausfallen, ist ein Positivsaldo an Schwermetallen im Boden unvermeidlich, weil die Pflanzenentzüge an Schwermetallen stets nur Bruchteile der Zufuhr betragen. Die relativen Schwermetallentzüge steigen, wie die Ergebnisse der Kompost-Dauerversuche anschaulich zeigen, in der Regel in der Reihenfolge $Pb < Cr < Ni < Cd < Cu < Hg < Zn$ an (Abbildung 1).

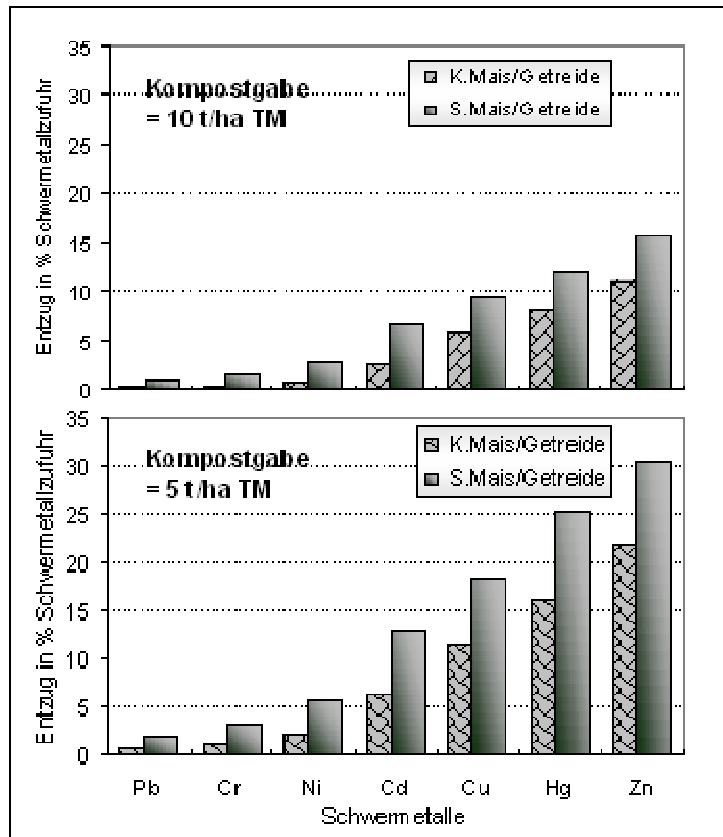
Die Schwermetallaufnahme der Pflanzen wird dabei weitgehend vom gegebenen Schwermetallpool des Bodens und kaum von den (im Vergleich dazu geringen) Zufuhren durch die Kompostgaben beeinflusst. In den Versuchen blieb die Schwermetallaufnahme der Pflanzen deshalb, unabhängig von der Höhe der Kompostgabe, weitgehend gleich.

Das illustriert eine Modellrechnung: Bei einem durchschnittlichen Gehalt an Blei im Boden aller Versuchsstandorte von 24 mg/kg TM enthält die obere Bodenschicht (bezogen auf eine Tiefe von 30 cm und eine mittlere Dichte des Bodens von 1,5 g/cm³) rund 108 kg Pb/ha. Mit Kompostgaben von jährlich 5 bzw. 10 t/ha TM wurden in den Versuchen jeweils 0,24 bzw. 0,48 g/ha Pb in die obere Bodenschicht eingetragen. Dessen Pb-Gehalt stieg dadurch jährlich um 0,22 bzw. 0,44 %. Diese minimalen Anhebungen sind analytisch erst nach Jahren erfassbar und spielen für die Pflanzenaufnahme keine Rolle.

Der Anteil des Schwermetallentzuges der Ernteprodukte an der Schwermetallzufuhr durch Kompost sinkt ab, je höher die Kompostgabe ausfällt. Im ungünstigsten Fall, d.h. bei maximalen Aufwandmengen von jährlich 10 t/ha TM und relativ geringen Pflanzenentzügen einer Körnermais/Getreidefruchtfolge, betragen die relativen Schwermetallentzüge bei Pb, Cr, Ni und Cd weniger als 5 % der Zufuhr (Abbildung 1). Cu, Hg und Zn erreichten Werte um 5 - 10 %. Auch höhere Pflanzenentzüge, wie die einer Silomais/Getreidefruchtfolge, änderten an diesen Verhältnissen wenig: Die relativen Entzüge an Cd, Cu, Hg und Zn bewegten sich zwischen 5 und 15 % der Zufuhr. Die Positivsalden lassen sich lediglich durch Senkung der Kompostgabe und damit der absoluten Schwermetallzufuhr vermindern. Das zeigen die Versuchsergebnisse bei Kompostgaben von jährlich 5 t/ha TM. Die relativen Entzüge verdoppelten sich im Vergleich zur Maximalgabe von 10 t/ha TM. Sie bewegten sich aber bei Pb, Cr, und Ni trotzdem noch unter 5 %

der Zufuhr und erreichten bei Cd Werte von 5 - 15 %. Nur bei Cu, Hg und Zn waren relative Entzugswerte von 10 - 30 % der Zufuhr erreichbar.

Abbildung 1: Schwermetallentzüge durch Haupternteerzeugnisse (ohne Stroh) in Relation zur Schwermetallzufuhr durch Kompostgaben von jährlich 5 bzw. 10 t/ha TM. Mittelwerte der Kompost-Dauerversuche im Zeitraum 1995 - 2002



Wie sind diese Versuchsergebnisse für die praktische Anwendung von Komposten in der Landwirtschaft zu bewerten und umzusetzen?

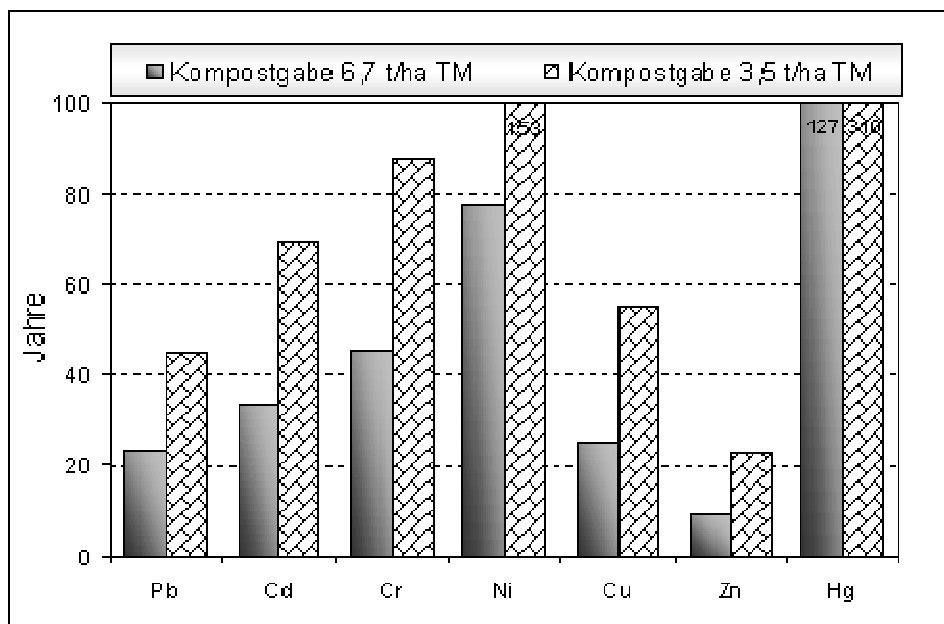
Nach „guter fachlicher Praxis“ ist für die Bemessung der Kompostgabe der Bedarf der Pflanzen an Nährstoffen maßgebend. In der Regel ist der Düngebedarf an Phosphat bestimmend und damit für die Gabe begrenzend. Daraus ergeben sich mittlere Kompostgaben von jährlich 6 - 7 t/ha TM bzw. 20 t/ha TM im dreijährigen Turnus. Sie sind aber nur mittelfristig einsetzbar, denn langfristig würden diese Gaben bei schon optimalen Humusgehalten zu einer allmählichen Überversorgung mit organischer Substanz führen, für die z.B. in Marktfruchtbetrieben nur ein Kompostbedarf von jährlich 3 - 4 t TM/ha bzw. 21 t TM/ha alle 6 Jahre besteht. Unter praktischen Bedingungen, d.h. bei niedrigeren Gaben, reduzieren sich demnach die in den Versuchen ermittelten Positivsalden an Schwermetallen, weil der Anteil der Schwermetallentzüge an der Schwermetallzufuhr durch die Kompostgaben steigt.

Trotzdem ist eine allmähliche Anhebung der Schwermetallgehalte des Bodens, vorrangig bei Cu und Zn, bei regelmäßigem Komposteinsatz nicht gänzlich auszuschließen. Die Bodenakkumulation verläuft allerdings außerordentlich langsam. In den Kompost-Dauerversuchen blieben die Bodengehalte deshalb bisher unverändert.

Wie ist das Risiko der Schwermetallakkumulation der Böden bei regelmäßigem Komposteinsatz konkret einzuschätzen?

Für eine objektive Beurteilung eignet sich die Methode der Schwellenbetrachtung (KLUGE 2001). Damit werden rechnerisch die Zeiträume erfasst, in denen der Saldo aus Schwermetallfrachten der Kompostgaben abzüglich der Entzüge durch die Ernteprodukte eine analytisch gerade noch messbare Anhebung der Schwermetallgehalte des Bodens verursachen kann. Dazu wurde eine Hochrechnung auf der Grundlage mittlerer Schwermetallzufuhren von Komposten (Mittelwerte gütegesicherter Komposte, 5.600 Proben aus 2000 und 2001) bei jährlichen Gaben von 6 - 7 bzw. 3 - 4 t/ha TM durchgeführt, von denen mittlere Schwermetallentzüge der Ernteprodukte subtrahiert wurden (Abbildung 2).

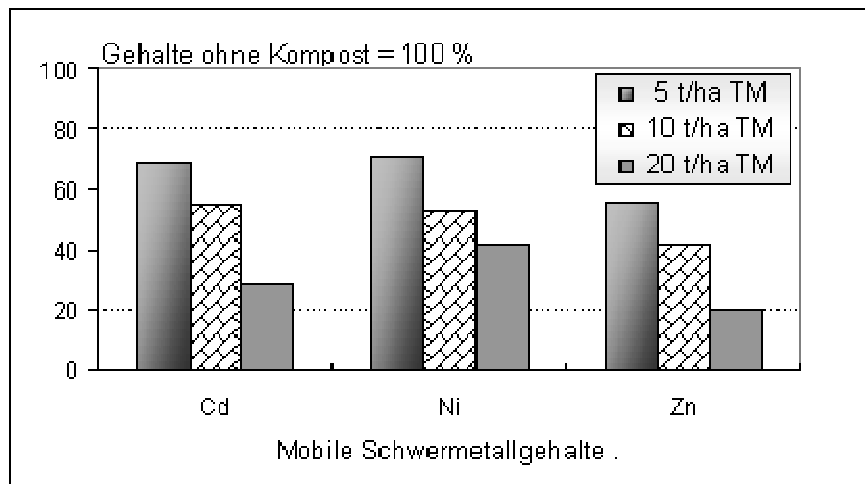
Abbildung 2: Zeiträume bis zur messbaren Anhebung der Schwermetall (SM)-Gehalte des Bodens bei pflanzenbaulich geeigneten Kompostgaben von jährlich 6,7 bzw. 3,5 t/ha TM. Grundlagen: SM-Zufuhr Kompost (Mittelwerte gütegesicherter Komposte); SM-Entzüge Ernteprodukte (Mittelwerte aus Kompost-Dauerversuchen); Analytisch kleinste messbare Anhebungen der SM-Gehalte des Bodens: Pb, Cr, Ni, Cu 1,5 mg/kg, Zn 2,0 mg/kg, Cd, Hg - 0,02 mg/kg.



Mit Kompostgaben von jährlich 6 - 7 t/ha TM, die sich am Nährstoffbedarf orientieren, dauert es im Mittel mehr als 20 bis 40 Jahre, bis unter optimalsten Analysebedingungen bei Pb, Cd, Cr und Cu Anhebungen der Bodengehalte überhaupt erst analytisch erfassbar werden. Bei Ni ist das erst nach etwa 75 Jahren und Hg sogar erst nach über 120 Jahren möglich. Die vergleichsweise hohe Zn-Fracht führt allerdings schon nach knapp 10 Jahren zu einer messbaren Erhöhung. Bei langfristigen Kompostgaben von jährlich 3 - 4 t/ha TM, gemäß dem Bedarf zur Humusreproduktion, steigen die errechneten Zeiträume um mehr als das Doppelte, weil der Schwermetallsaldo durch die gleichbleibenden Entzüge im Vergleich zur Kompostgabe von jährlich 6 - 7 t/ha TM überproportional abgesenkt wird. Sie betragen bei Zn etwa 20 - 25 Jahre. Bei Pb, Cd, Cr und Cu ergeben sich Zeitspannen von mindestens 45 bis zu 90 Jahren sowie über 150 Jahren bei Ni und mehr als 300 Jahren bei Hg. Messbare Anhebungen der Bodengehalte sind unter diesen Bedingungen nur noch in Generationen feststellbar. Sowohl für Aufwandmengen nach dem

Nährstoffbedarf als auch für Aufwandmengen nach dem Humusbedarf sind deshalb bei regelmäßiger Kompostanwendung mittelfristig keine bedenklichen Anreicherungsraten zu erwarten. Ein Risiko von Überschreitungen der Bodengrenzwerte der BioAbfV besteht nachweislich nicht.

Abbildung 3: Abnahme der mobilen Gehalte an Cd, Ni und Zn im Boden mit steigender Kompostgabe (Relativwerte). Mittelwerte Dauerversuche



Hinzu kommt, dass die mit Komposten zugeführten Schwermetallfrachten im Boden keine erhöhte Mobilität aufweisen und damit auch zu keiner erhöhten Schwermetallaufnahme der Pflanzen führen. Die mobilen Schwermetallgehalte des Bodens (nach DIN 19730 mit 1 M NH_4NO_3 -Lösung extrahierbar) blieben in den Kompost-Dauerversuchen im Versuchszeitraum von 1995 - 2002 bei Pb und Cr unverändert und gingen bei Cd, Ni und Zn im Vergleich zur Kontrolle ohne Kompost sogar deutlich zurück (Abbildung 3). Nur bei Cu waren minimale Anstiege zu verzeichnen, die sich aber noch deutlich unterhalb von bedenklichen Hintergrundwerten bewegten.

Bei Einhaltung neutraler bis schwach alkalischer pH-Werte des Bodens - durch die Kalkzufuhr mit Komposten zudem gewährleistet - kann davon ausgegangen werden, dass der Komposteinsatz auf Ackerböden keine nachteiligen Veränderungen des mobilen Schwermetallpools verursacht, schon gar nicht eine Mobilisierung.

Nach diesen Versuchsergebnissen ist es nicht erstaunlich, dass auch die Schwermetallgehalte der Pflanzen durch die Kompostgaben nicht angehoben wurden. Das Risiko einer unerwünschten Akkumulation von Schwermetallen in Boden und Pflanze ist deshalb kalkulierbar und akzeptabel. Risiken irreversibler, schädigender Bodenbelastungen bestehen mittel- und langfristig in keinem Fall.

Bei Cu und Zn, die von der Pflanze als essenzielle Spurennährstoffe gebraucht werden, müssen Anreicherungs-betrachtungen zudem relativiert werden. Die geringen Zufuhren durch Kompostgaben sind auf Böden mit mittleren oder sogar niedrigen Gehalten an diesen Spurennährstoffen sogar erwünscht, denn sie tragen eindeutig zur kontinuierlichen Versorgung der Pflanzen, d.h. zur Bedarfsdeckung bei.

Unabhängig von diesen positiven Ergebnissen bedarf es permanenter Bemühungen, im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes dafür zu sorgen, dass sich der Schwermetallstatus der Böden über

alle Eintragspfade nicht verschlechtert. Dazu sind die Gehalte an Schwermetallen in Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln (Düngemittel, Wirtschaftsdünger, Kompost) durch gezielte Auswahl geeigneter Ausgangsstoffe sowie Verzicht auf bedenkliche Zusatzstoffe so weit als möglich zu reduzieren („Minimierungsgebot“).

Bezogen auf die Anwendung von Kompost eignen sich Maßnahmen wie der Einsatz gütegesicherter Komposte mit niedrigen Gehalten an Schwermetallen, die Bemessung von Kompostgaben gemäß der „guten fachlichen Praxis“ nach Maßgabe der Gehalte an Nährstoffen oder organischer Substanz, und die bevorzugte Anwendung in Betrieben, die in besonderer Weise einer ordnungsgemäßen Humuswirtschaft bedürfen, z.B. Marktfruchtbetriebe mit entzugsstarken Fruchtfolgen bzw. Abfuhr der Ernteprodukte einschließlich des Stroh.

Werden diese „Regeln guter fachlicher Praxis“ befolgt, kann Kompost in Marktfruchtbetrieben wie in Gemischtbetrieben mittel- und langfristig ohne Probleme für den Schwermetallstatus der Böden eingesetzt werden. Anhebungen der Schwermetallgehalte der Böden vollziehen sich (sofern überhaupt) in sehr großen Zeiträumen. Ihnen kann durch entsprechende Kontrolle der Quellen und des Bodens im Bedarfsfall rechtzeitig und zuverlässig vorgebeugt werden. Irreversible, schädigende Bodenbelastungen sind unter diesen Bedingungen ausgeschlossen.

Quelle: KLUGE, R. (2001): Risk of heavy metal pollution of soils during application of composts. Seminar „Applying Compost - Benefits and Needs“. Organized by Environment Directorate-General of the European Commission and the Ministry for Agriculture & Forestry of the Republic of Austria, Brussels, 22. - 23. November 2001, Seminar Proceedings, Page 207 - 208. (KG)