

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz<sup>1</sup>);  
Arbeitsgruppe Nichtparasitäre Pflanzenbeeinträchtigungen<sup>2</sup>) und Versuchsfeld Berlin-Dahlem<sup>3</sup>)

## Nähr- und Schadstoffstatus in Boden und Pflanze nach Anwendung von Bioabfallkompost aus Ballungsgebieten im Gemüseanbau

Status of nutrient elements and contaminants in the soil-plant system after application of biological waste compost from urban stands in vegetables cultivation

Thomas Strumpf<sup>1,2</sup>), Wilfried Pestemer<sup>1</sup>) und Roland Buchhorn<sup>3</sup>)

### Zusammenfassung

Der Einfluss unterschiedlicher Mengen von Bioabfallkompost urbanen Ursprungs auf die Nähr- und Schadstoffverteilung in gemüsebaulich genutzten Böden wurde untersucht. Einmalige Gaben bis zu 50 t Bioabfallkompost/ha bewirkten keine nachweisbare Erhöhung der Schwermetallgehalte im System Boden – Pflanze. Nach Anwendung von Bioabfallkompost, der aus Bioabfällen aus Öffentlichem Grün von Ballungsgebieten erzeugt wurde, konnten keine signifikant erhöhten Schadstoffgehalte in den untersuchten Gemüsearten und keine zusätzliche Grundwassergefährdung nachgewiesen werden. Die Erhöhung des Gehaltes an organischer Substanz bewirkte eine Verminderung der verfügbaren Nährstoff- und Schwermetallanteile. Eine Bilanzierung bildet die Grundlage für die Verwendung von Bioabfallkompost im Hinblick auf den Nähr- und Schadstoffstatus in Pflanze, Boden und Grundwasser.

**Stichwörter:** Bioabfallkompost, Ballungsgebiet, Öffentliches Grün, Nährstoffe, Schwermetallgehalte, Transfer, Gemüse, Grundwasser, Risikobewertung

### Abstract

The influence of different amounts of biological waste compost from Urban Stands on agriculturally used soils was examined. Fifty t/ha of biological waste compost induced no significant increase of the total content of heavy metals in soil and plants. It was shown that there was no negative effect on investigated vegetables and the groundwater after application of biological waste compost from Urban Stands. The increase of organic matter caused lower contents of available nutrients and heavy metals. The resulting balance study is the basis for recommendations regarding the use of biological waste compost including prevention of detrimental effects on plants, soil and groundwater.

**Key words:** Bio waste compost, public green, nutrients, heavy metals, transfer rates, vegetables, groundwater, risk assessment

### 1 Einleitung

Zur Erzeugung von Nahrungsmitteln müssen auch organische und mineralische Düngemittel eingesetzt werden. Dazu gehören Bioabfälle (Komposte), Klärschlämme sowie Wirtschafts- und

Mineraldünger. Die Düngemittel bringen zusätzliche Nährstoffe in den Boden, die für sichere Erträge und eine gute Qualität sorgen. Neben den erwünschten Nährstoffen werden mit den Düngemitteln auch unerwünschte Schadstoffe in die Böden eingetragen.

Mit der Bioabfallverordnung (BioAbfV) (ANONYMUS, 1) wurde eine Lücke der Bioabfallverwertung geschlossen. Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) hat die Aufgabe, an der Fortentwicklung dieses sensiblen Gesetzesbereiches durch Forschung (§ 33 Abs. 2 Nr. 2 PflSchG) mitzuarbeiten, um dem Schutzzweck des Pflanzenschutzgesetzes, nämlich dem Schutz der Pflanze vor Schadorganismen und nichtparasitären Beeinträchtigungen sowie dem Schutz gegen die Gefahr des Ein- oder Verschleppens von Schadorganismen, nachzukommen. Der Sekundärrohstoffdünger Kompost kann als potentieller Träger von Krankheitskeimen und Schwermetallen der Kulturpflanze erhebliche Schäden zufügen.

Geogene Hintergrundgehalte und anthropogene Stoffeinträge führen zu unterschiedlichen Schwermetallgehalten im Boden. Anthropogene Einträge erfolgen u. a. durch Bergbautätigkeit, durch Einträge kontaminierter Industrie- und Haushaltsabfälle, land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung sowie durch die atmosphärische Deposition. Durch direkte Kontaminationen aus Industrien, Haushalten und Abgasen liegt die Belastungssituation in Ballungsgebieten zwei- bis dreimal so hoch wie in ruralen Gebieten (KAHLE, 1999; STRUMPF et al., 2002).

Aufgrund des Aufnahme- und Verteilungsmusters von Schwermetallen in unterschiedlichen Nutzpflanzen können aus der Kompostierung von Inputmaterialien eines Ballungsgebietes (z. B. Laub von Bestandspflanzen des Öffentlichen Grüns, Grasnchnitt von exponierten Stellen) belastete Bioabfallkomposte resultieren. Deren Gehalte an Schadelementen genügen in der Regel zwar den rechtlichen Vorgaben, können aber bei mehrfacher Aufbringung unter Ausschöpfung der maximal zulässigen jährlichen Aufwandmengen zu nicht erwünschten Schadstoffanreicherungen im Boden führen.

Gesunde Nahrungsmittel lassen sich auf Dauer nur produzieren, wenn die Böden, auf denen Pflanzen wachsen, die Menschen oder Nutztieren als Nahrung dienen, möglichst wenig Schadstoffe enthalten. Deshalb muss sichergestellt werden, dass durch die Bewirtschaftung von Böden keine hohen Schadstofffrachten in die Böden gelangen und sich dort anreichern, so dass die Erzeugung gesunder Nahrungsmittel gefährdet ist.

**Tab. 1. Mittelwerte der Gesamtgehalte an Nähr- und Schadelementen im Bodenhorizont 0–30 cm vor und nach der einmaligen Aufbringung von 50 t Bioabfallkompost (TS) im Jahr 1998**

Jahr	B	Ca	Cd	Co	Cu	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Zn
							mg/kg								
1998	5,1	2445	0,8	3,8	14	13	7589	1278	1257	426	0,3	7	717	24	60
2002	5,4	3075	0,8	3,8	13	14	7522	1276	1250	448	0,4	7	666	25	78

## 2 Ziel der Untersuchungen

Geprüft wurde die Verwendung unterschiedlicher Bioabfallkompostmengen des Öffentlichen Grüns und deren Einfluss auf die Nähr- und Schadstoffaufnahme bei den verschiedenen Gemüsearten unter Berücksichtigung der Sortenvariabilität in Bezug auf die Schadstoffanreicherung im Erntegut und die Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen in den Böden.

Die Untersuchungen gingen auch der Frage nach, ob die erlaubten Aufbringungsmengen an Sekundärrohstoffdüngern die real pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte reflektieren.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Versuchsbedingungen

**Standort:** Der Boden der Versuchspartellen (Versuchsfeld Dahlem der BBA) besteht aus einem schluffigen Sand mit 5,7 % Ton, 21,2 % Schluff und 73,1 % Sand; pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) 5,9; C<sub>org</sub> 2,4 % (Glühverlust), welcher über einer mächtigen Tonschicht in 2,00 m Tiefe liegt. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8,8 °C, die durchschnittliche Niederschlagsmenge 594,5 mm/Jahr (Mittel aus 30 Jahren). Die Höhe über NN beträgt 45 m. Die Gehalte an organischer Substanz wurden vor der Anwendung von Bioabfallkompost bei einem Teil der Versuchsflächen durch unterschiedliche Kulturmaßnahmen, z. B. mehrjährige Gründüngung, auf 3,1 bzw. 4,1 % erhöht.

**Kulturpflanzen:** Die Untersuchungen wurden in den Vegetationsperioden 1998 bis 2000 mit 12 Gemüsearten des Intensivgemüseanbaus in jeweils 3 Sorten in Feldversuchen praxisüblich durchgeführt. Das angebaute Gemüsespektrum umfasste sowohl Blatt- als auch Wurzelgemüse: Kopfsalat, Chinakohl, Feldsalat, Spinat, Radicchio, Kohlrabi, Blumenkohl, Wirsingkohl, Grünkohl, Brokkoli, Mairübe und Radies.

**Bioabfallkompost:** Eine Fläche von 5000 m<sup>2</sup> des Versuchsfeldes wurde 1998 einmalig mit Mengen von 20 bzw. 50 t Bioabfallkompost [bezogen auf Trockensubstanz (TS)/ha] beaufschlagt. Der gewählte Bioabfallkompost stammte aus einem urbanen Ballungsgebiet und wurde von der Berliner Stadtreinigung (Bioabfallkompostherstellung Wannsee) bereitgestellt. Der verwendete Bioabfallkompost ist gemäß BioAbfV § 4 Abs. 3 Satz 2 i. V. m. § 6 Abs. 1 Satz 3 als wenig belastet einzustufen. Die Nährstoffgehalte in der TS des gesamten gut durchmischten Haufwerkes betragen: 1,2 % N; 0,4 % P; 1,2 % K; 3,6 % Ca und 0,3 % Mg und liegen somit im Normalbereich.

### 3.2 Untersuchungsmethoden

**Boden:** Die Gesamtgehalte wurden bei Stickstoff mit dem Elementaranalysator Vario CNS und für die anderen Elemente nach Königswasseraufschluss (DIN 38 414 Teil 7) mit einem PLASMA

2000 der Fa. Perkin-Elmer mittels ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) gemessen.

**Bodenlösung:** Die Probenahme von Bodenlösungen erfolgte in Anlehnung an entsprechende Regelungen zur „Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode“ des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (s. Heft 217, 1990). Um die pflanzenverfügbare Lösung zu erfassen, wurde eine Saugspannung bis 0,95 bar angelegt. Zum Einsatz kamen SKA 100 FF Röhrentiegel (Aluminiumoxid-Saugkerzen) der Fa. Morgan Advanced Ceramics Sales B. V. (vormals Haldenwanger). Die Unterdruckanlage wurde zentral mit einer Vakuumpumpe mit 1000 l/min Saugvermögen betrieben.

**Gehaltsbestimmungen:** Die Bestimmung der pflanzenverfügbaren Nährstoff- und Schadelement-Gehalte in der Bodenlösung erfolgte direkt durch ICP-OES. Die Probenahme der Pflanzen erfolgte zum Erntezeitpunkt. Die Bestimmung der Schwermetall-Gehalte erfolgte nach Druckaufschluss der getrockneten Pflanzenproben (Salpetersäure) mittels ICP-OES oder durch Graphitrohr-AAS mit einem SIMAA 6000 der Fa. Perkin-Elmer.

## 4 Diskussion

Der Transfer von Schadstoffen in die Nahrungskette über den Pfad Boden/Pflanze hängt von den Bodenparametern, ihren Bodengehalten sowie ihrer Pflanzenverfügbarkeit ab. Die Bestimmung der Gesamtgehalte des Bodens dient der Abschätzung des von Schwermetallen für Mensch, Tier und Naturhaushalt ausgehenden Risikopotentials.

### 4.1 Gehalte im Boden

Die Stickstoffverfügbarkeit ist durch die ausgebrachten bzw. eingearbeiteten Kompostmengen offensichtlich nicht erhöht. Eine Veränderung der Bodengesamtgehalte in den nach der Ernte gezogenen Proben konnte gegenüber nicht beaufschlagten Flächen trotz der ausgebrachten Nährstoffmengen von 600 kg N, 200 kg P, 600 kg K, 1750 kg Ca und 140 kg Mg je ha weder statistisch abgesichert noch tendenziell festgestellt werden.

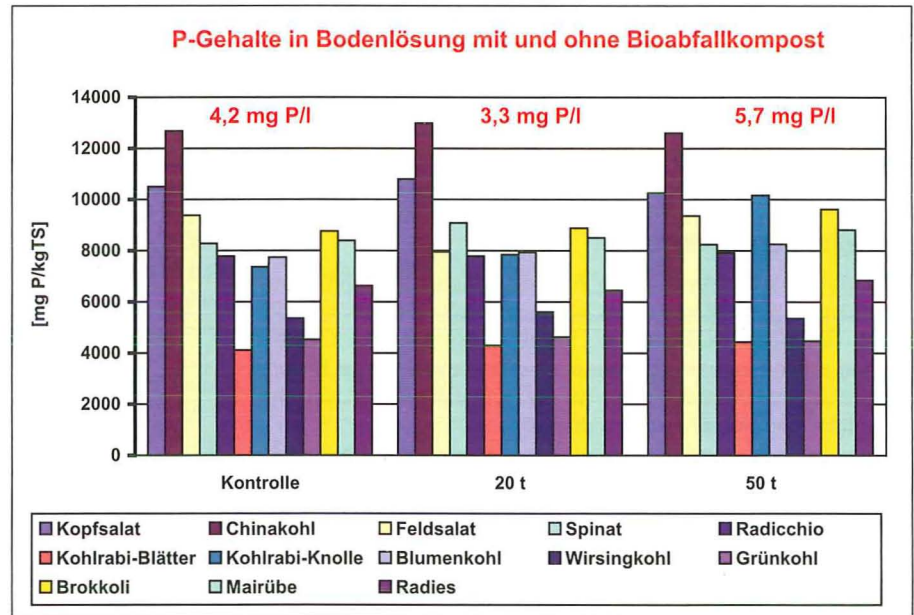
Die ermittelten Schadelement-Gehalte der beaufschlagten Flächen sind für landwirtschaftliche Nutzflächen in oder in der Nähe von Ballungsgebieten als repräsentativ anzusehen (Tab. 1). Bedingt durch den Sandboden mit den, gerade im gartenbaulichen Bereich, oft niedrigen pH-Werten von > 5,5, ist die Cd-Verfügbarkeit sehr hoch.

Die ermittelten Gesamtgehalte im Königswasser-Extrakt (KW) lagen nach Versuchsende bei allen analysierten Elementen im Bereich der Anfangskonzentrationen. Ein Einfluss der Behandlung war weder tendenziell zu erfassen noch statistisch gesichert nachzuweisen.

**Tab. 2. Mittelwerte der Gesamtgehalte an Nähr- und Schadelementen in Bioabfallkomposten aus Ballungsgebieten**

Jahr	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Zn
							mg/kg								
1998	19	18497	0,43	2,4	14	52	6157	5723	2104	195	0,6	7,9	1807	54	179
2002	17	21160	0,40	2,8	15	50	7922	5522	2204	211	0,7	7,0	2577	71	257

Abb. 1. Vergleich der Phosphor-Bodenlösungsgehalte mit den Gehalten in ausgewählten Blatt- und Wurzelgemüsearten nach Aufbringung von 20 bzw. 50 t Bioabfallkompost (TS)/ha im 2. Vegetationsjahr.



4.2 Nähr- und Schadelement-Gehalte im Bioabfallkompost

Die bestimmten Gesamtgehalte an Nähr- und Schadelementen des in den Versuchen verwendeten Bioabfallkompostes der Berliner Stadtreinigung von 1998 sind in Tabelle 2 dargestellt. Als Inputmaterialien wurden Bioabfälle des Straßenbegleitgrüns (Laub) und des Grasschnittes aus öffentlichen Anlagen verwendet. Im Vergleich dazu sind die Nähr- und Schadelement-Gesamtgehalte eines im Jahr 2002 eigenproduzierten Bioabfallkompostes aufgelistet. Die Inputmaterialien bestanden hier aus Ernterückständen des Versuchsfeldes der BBA in Berlin-Dahlem, auf welchem vor ca. 40 Jahren ein Teil der Flächen zielgerichtet für Versuchszwecke mit Schadelementen (z.B. Pb und Zn) beaufschlagt wurde und die deshalb erhöhte Schwermetall-Gehalte aufweisen.

Die Mittelwerte der Gesamtgehalte an Nähr- und Schadelementen im Bioabfallkompost der Berliner Stadtreinigung reflektieren die Grundbelastung eines urbanen Ballungsgebietes, während die Belastungsspitzen bei Pb und Zn beim eigenerzeugten Bioabfallkompost aus den teilweise hohen Schwermetallgehalten der Versuchsböden resultieren.

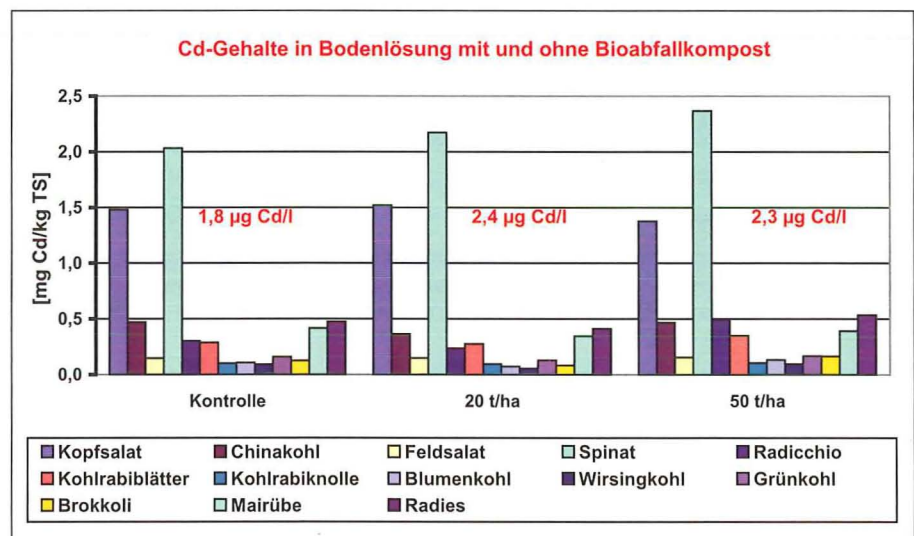
4.3 Gehalte in der Bodenlösung

Die Anwendungen von 20 bzw. 50 Tonnen Bioabfallkompost (TS)/ha führten bei den beaufschlagten Freilandflächen nicht zu höheren N-Gehalten in der Bodenlösung. Die N-Gehalte in der Bodenlösung in 30 cm Tiefe lagen unabhängig von der Kompostgabe im Bereich von 200–500 mg/l, in 60 cm Tiefe wurden unabhängig von der Zugabe bis 300 mg/l gemessen und übersteigen damit die Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau von 50 mg Nitrat/l.

Die Nähr- und Schadelement-Gehalte in den Bodenlösungen und in den verschiedenen Bodenextrakten sind ebenso wie die Gehalte in den Pflanzen im Vergleich zu den Kontrollflächen überwiegend gleich geblieben. Dies war auf den hier vorhandenen Sandböden als Folge einer Erhöhung der Gehalte an organischer Substanz von 2,3 auf 3,5 % (Fläche I) bzw. auf 4,4 % (Fläche II) und der damit verbundenen Verbesserung der Sorptionskapazität der Böden zu erwarten.

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, ist die P-Konzentration in den Bodenlösungen der einzelnen Versuchsvarianten (Kontrolle = 4,2; 20 t Bioabfallkompost = 3,3 und 50 t Kompost = 5,7 mg

Abb. 2. Vergleich der Cadmium-Bodenlösungsgehalte mit den Gehalten in ausgewählten Blatt- und Wurzelgemüsearten nach Aufbringung von 20 bzw. 50 t Bioabfallkompost (TS)/ha im 2. Vegetationsjahr.



P/I) sehr eng mit der P-Aufnahme durch die angebauten Gemüsearten im Anwendungs- und Folgejahr korreliert. Die gleichen Zusammenhänge konnten auch für die Schwermetalle Cd, Zn, Ni, V, und Pb in früheren Versuchen nachgewiesen werden (TRAULSEN und SCHÖNHARD, 1995).

Für die Beurteilung von Schwermetallgehalten in Böden ist die Konzentration der Schwermetalle in der Bodenlösung (Sickerwasser) von entscheidender Bedeutung, weil sowohl der Transfer in die Pflanze (Nahrungskette) als auch die Versickerung in das Grundwasser (Trinkwasser) über die gelöste (verfügbare) Form erfolgt.

Die Cd-Gehalte in den im Unterdruckverfahren gezogenen Bodenlösungen lagen unabhängig von der zugegebenen Menge Bioabfallkompost bei etwa 2 µg Cd/l. Die daraus resultierenden Gehalte in den angebauten Kulturpflanzen ließen gleichermaßen keinen Einfluss der Bioabfallkompost-Zugabe erkennen (Abb. 2).

Schwermetalle können unterschiedlich gut durch das Pflanzengewebe in die Wurzeln penetrieren. Für die Elemente Cd, Cu, Pb und Zn gilt annähernd die Faustregel, dass Cd und die Nähr Elemente Cu und Zn besser aufgenommen werden als Pb.

#### 4.4 Schadelement-Gehalte in untersuchten Nutzpflanzen

Von der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien (ZEBS) des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) wurden seinerzeit Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln mit Orientierungscharakter letztmalig im Bundesgesundheitsblatt 1997, H. 5, S. 182, veröffentlicht. Das BgVV zog die bisherigen Richtwerte Ende 2000 mit der Begründung zurück, dass die Mehrzahl der Richtwerte die ihnen ursprünglich zugeordnete Funktion im vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutz nicht mehr erfüllen kann. Diese teilweise noch aus den 80er Jahren stam-

menden Daten repräsentieren nicht mehr die aktuelle Kontaminationssituation der Lebensmittel, die sich infolge gesetzlicher Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Schadstoffen in die Umwelt verändert hat.

Da jedoch auf EU-Ebene neue rechtliche Regelungen getroffen wurden (z. B. Verordnung (EWG) Nr. 315/93 des Rates vom 8. Februar 1993 zur Festlegung von gemeinschaftlichen Verfahren zur Kontrolle von Kontaminanten in Lebensmitteln) und intensive Bemühungen anliefen, rechtlich verbindliche Höchst-mengen u. a. für Blei, Cadmium und Quecksilber festzusetzen, wurde auf eine Überarbeitung der Richtwerte für den nationalen Bereich verzichtet.

Solange EU-einheitliche Regelungen noch nicht in Kraft getreten sind, können die nationalen „Richtwerte“ in der bisherigen Form für die Beurteilung von Schwermetallgehalten in Lebensmitteln im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes herangezogen werden.

Deutliche Unterschiede waren unabhängig von den Behandlungen zwischen den Gemüsearten festzustellen (Abb. 3). Spinat (Modellpflanze für Blattgemüse) lag mit Cd-Gehalten um 2,5 mg/kg TS am höchsten, gefolgt von Kopfsalat mit rund 1,5 mg/kg; Radieschen (Modellpflanze für Wurzelgemüse) hatten mit 0,2–0,4 mg/kg mittlere Gehalte, und bei Kohlrabi (Knollen) (Modellpflanze für Sprossgemüse) lag der Wert für Cadmium trotz der längeren Kulturdauer mit 0,01–0,06 mg/kg TS am niedrigsten. Vergleichbare Zusammenhänge konnten bei den Elementen Kupfer und Zink festgestellt werden. Lediglich bei der Phosphor-Aufnahme sind geringere Unterschiede zu erkennen.

Der außer Kraft gesetzte Cd-Richtwert für Schadstoffe in Pflanzen und Pflanzenteilen von 1 mg/kg TS für Blatt- und Wurzelgemüse (Spinat: 5 mg/kg TS) wurde nicht überschritten.

Gemüse reichern Schwermetalle unterschiedlich stark an. Dabei gilt annähernd die Faustregel, je höher die Transpirationsrate

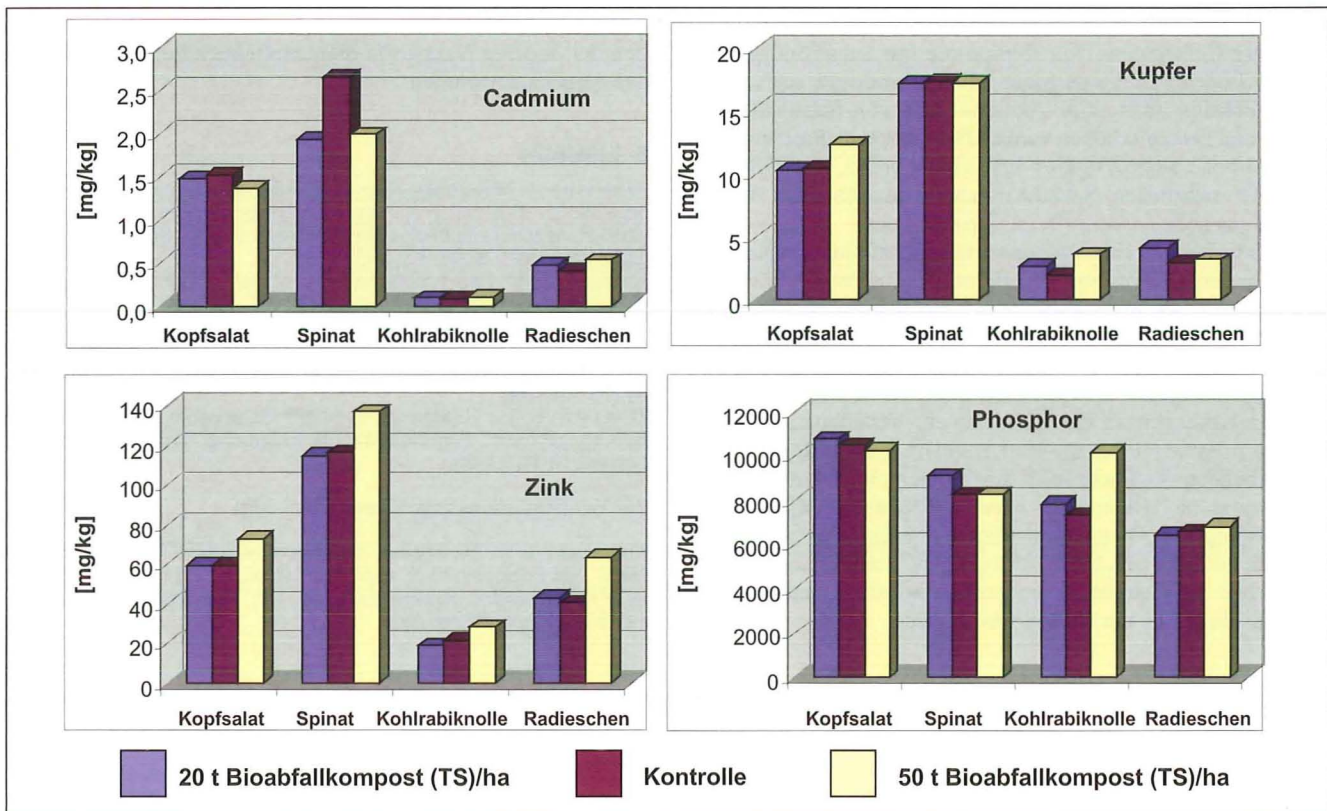


Abb. 3. Aufnahme von Nähr- und Schadelementen (Cd, Cu, Zn, P) durch ausgewählte Blatt- und Wurzelgemüse in mg/kg (TS) nach Aufbringung von 20 bzw. 50 t Bioabfallkompost (TS)/ha im 1. Vegetationsjahr.

**Tab. 3. Nährstoffbilanzierung für die 1. und 2. Vegetationsperiode nach Biokompostaufbringung**

Verfügbar [%] Variante	N [kg/ha] 15+5	P [kg/ha] 30+10	K [kg/ha] 80+5	Ca [kg/ha] 15+10	Mg [kg/ha] 30+10
Bioabfallkompost	(600)	(200)	(600)	(1750)	(140)
Verfügbar	120	80	510	435	56
Kartoffeln Entzug	75	15	100	3	6
Roggen Entzug	80	16	20	2	6
Saldo	-35	+49	+390	+430	+44

(große Blattoberfläche) ist, desto intensiver erfolgt der Transport der Schadstoffe mit dem Transpirationsstrom in oberirdische Pflanzenteile. Eine Wahl der anzubauenden Nutzpflanzen (z. B. Wurzelgemüse) führt bei erhöhten Bodengehalten zu einer Reduzierung der Schadelement-Gehalte im Erntegut.

#### 4.5 Veränderung der chemischen oder physikalischen Bodenparameter

Aufgrund des Aufnahme- und Verteilungsmusters von Schwermetallen in unterschiedlichen Nutzpflanzen können durch geeignete Wahl der Anbaukulturen und in Verbindung mit einer Veränderung der chemisch-physikalischen Bodenparameter (z. B. durch Kalkung, Zusatz von Tonmineralien) Pflanzenschäden durch Schadelemente (z. B. Schwermetalle) im Boden minimiert oder verhindert werden. Wie in Abbildung 3 dargestellt, sind gleiche Effekte auch nach Zugabe von Bioabfallkompost für Blattgemüse bei Cadmium nachweisbar. Bei der Variante 50 t Bioabfallkompost (TS)/ha überschreiten die Schadelementeinträge die -austräge. Steigende Bodengehalte führen zu höheren Bodenlösungsgehalten und damit zu einer Erhöhung der Pflanzenverfügbarkeit.

## 5 Schlussfolgerungen

Bei einer Aufbringung von Komposten mit Schadstoffgehalten in der Größenordnung geogener Hintergrundwerte auf „unsensible“ Flächen dürfte eine Akkumulation von Schadstoffen in Böden und Ernteprodukten vernachlässigbar sein. Problematisch könnten hohe Kompostgaben erst dann werden, wenn die nach BioAbfV möglichen Schadstoffgehalte ausgeschöpft werden und daraus hohe Schadstoffeinträge resultieren.

Nach bisherigen Ergebnissen ist bei Einhaltung der Qualitätskriterien eine Verwertung von Bioabfallkompost aus Ballungsgebieten auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ohne Probleme für die Umwelt möglich. Um fast das Doppelte gegenüber der nach BioAbfV maximal zulässigen Aufwandmenge erhöhte Bioabfallkompostgaben urbanen Ursprungs waren nicht mit negativen Auswirkungen auf die Schadelement-Verteilung und -Verlagerung im System Pflanze – Boden und im System Boden – Wasser verbunden. Vielmehr kann durch eine kontrollierte Ausbringung von Bioabfallkompost – neben der Nährstoffzufuhr – durch die Bildung von Dauerhumusformen – eine Strukturverbesserung bei humusarmen Sandböden erreicht werden. Komposte erhöhen hier die Gehalte an organischer Substanz und somit die Sorptionskapazität der Böden entscheidend.

Während bei Stickstoff und Magnesium ohne zusätzliche mineralische Düngung zum Bioabfallkompost mit vermindertem Ertrag gerechnet werden muss, führen die P-, K- und Ca-Mengen im Bioabfallkompost zu Überschüssen, die in der gleichen Größenordnung liegen, wie sie aus Austrag durch Ernteprodukte und Auswaschung über mehrere Vegetationsperioden resultieren.

Für eine Fläche, auf die im Jahr 1998 ebenfalls Bioabfallkompost eingebracht und auf der Kartoffeln kultiviert wurden, ist für die Hauptnährstoffe unter Einbeziehung der Folgekultur Roggen eine Bilanzierung durchgeführt worden, die sich an den für den Düngemiteleinsatz anzurechnenden verfügbaren Anteilen in Prozent der Gesamtgehalte orientiert (Tab. 3).

Die N-Versorgung ist durch den Bioabfallkompost schon in der 2. Vegetationsperiode nicht mehr gewährleistet. In Bodenlösungen sind keine erhöhten Nährstoffgehalte (P, K, Ca, Mg) aufgetreten.

Aus den erarbeiteten Daten und der Bilanzierung ist ersichtlich, dass bei N niedrigere Freisetzungsraten von 15 % im Anwendungsjahr und insgesamt 10–15 % in den Folgejahren in der Düngemittelbilanz zu berücksichtigen sind. Dadurch werden Ertragsminderungen durch N-Mangel vermieden. Einschränkungen wie weitere Verminderung der jährlichen erlaubten Ausbringungsmenge sind nach den vorliegenden Ergebnissen weder betriebswirtschaftlich vertretbar noch erforderlich, sofern bezüglich der anderen Nährstoffe düngemittelrechtliche Bestimmungen eingehalten werden.

## 6 Literatur

- ANONYMUS, 1: Verordnung über die Verwertung von unbehandelten und behandelten Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21. September 1998, BGBl. I S. 2955.
- KAHLE, P., 1999: Heavy metal pollution of playgrounds in the urban area of Rostock. *Agribiological Research* **52**, 107–112.
- STRUMPF, T., B.-D. TRAULSEN, W. PESTEMER, 2002: Verfügbarkeit von Kupfer in landwirtschaftlich genutzten Böden mit hohen Kupfer-Gehalten. I. Eine Bestandsaufnahme, *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **54** (7), 161–168.
- TRAULSEN, B.-D., G. SCHÖNHARD, 1995: Schwermetalle in Böden von Ballungsgebieten. *Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, H. **11**, 23–25.

Zur Veröffentlichung angenommen: Juni 2004

*Kontaktanschrift: Dr. Thomas Strumpf, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz, Königin-Luise-Str. 19, D-14195 Berlin-Dahlem, E-Mail: T.Strumpf@bba.de*