

Umwelt

Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut der Schweiz

Thomas Kupper¹, Rahel Brändli², Mandy Pohl³, Thomas Bucheli², Kristin Becker-van Slooten³

¹Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, CH-3052 Zollikofen

²Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz Tänikon ART, CH-8046 Zürich

³Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL, CH-1015 Lausanne

Auskünfte: Thomas Kupper, E-Mail: thomas.kupper@shl.bfh.ch, Tel. +41 31 910 21 17

Zusammenfassung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzop-dioxine und -furane, dioxin-ähnliche PCB, bromierte Flammschutzmittel, perfluorierte Alkyl-Verbindungen, chlorierte Paraffine und Phthalate wurden in Kompost, Gärgut und Presswasser von 39 Anlagen gefunden. Die Gehalte lagen meist im Bereich von $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS, jedoch über den Konzentrationen von Böden mit einer üblichen Hintergrundbelastung. Die höchsten Gehalte wiesen PAK (600 bis 12470 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) auf. Etwa 25 % der Proben lagen über dem Richtwert von 4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS gemäss Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV). Gärgut zeigte für die meisten Stoffe in der Tendenz höhere Gehalte an organischen Schadstoffen im Vergleich zu Kompost. Verbrennungsprozesse waren vermutlich die Hauptquelle von PAK. Der Eintrag von PAK in die landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz durch die Verwendung von Kompost und Gärgut lag deutlich höher im Vergleich zu Hofdüngern und Klärschlamm und betrug 18 % der Gesamtfracht. Die anderen Stoffgruppen hatten eine geringere Bedeutung. Die Resultate der ökotoxikologischen Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Ausbringung von organischen Schadstoffen mittels Verwendung von Kompost und Gärgut kein unmittelbares Risiko für den Boden darstellt. Für Stoffe wie PAK sind aber aus Gründen der Vorsorge und im Hinblick auf die Qualität dieser Recyclingdünger Massnahmen zur Verminderung der Gehalte zu empfehlen.

Die Kompostierung und Vergärung von getrennt gesammelten, organischen Abfällen sind etablierte Verfahren in der Abfallwirtschaft in der Schweiz und in Europa. Die Produktion von Kompost und Gärgut und ihre Verwendung in der Landwirtschaft tragen zur Wiederverwertung von Nährstoffen, zur Verbesserung der Bodeneigenschaften und zur Erzeugung erneuerbarer Energie bei. Neben diesen positiven Eigenschaften enthalten Kompost und Gärgut auch Schadstoffe. Währenddessen die Schwermetalle regelmässig untersucht werden, sind Da-

ten über organische Schadstoffe in Kompost, Gärgut und Presswasser aus getrennter Sammlung nur begrenzt oder nicht verfügbar (Brändli *et al.* 2005). Die Dringlichkeit zur Verbesserung der Datenlage nahm durch das Verbot der Verwendung von Klärschlamm in der schweizerischen Landwirtschaft ab 2006 zu, indem dieser Entscheid massgeblich mit dem durch organische Schadstoffe verursachten Risiko begründet wurde.

Die wichtigsten Eintragspfade von organischen Schadstoffen in Kompost und Gärgut sind die

atmosphärische Deposition und direkte Einträge auf pflanzliches Material. Letztere beinhalten unsachgemässe oder unsorgfältige Trennung der Abfälle, Fehlwürfe und Kontamination von pflanzlichem Material durch den Verkehr.

Das Projekt «Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut» hatte zum Ziel, die Kenntnisse über organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut und deren Auswirkungen auf den Boden zu verbessern. Der vorliegende Artikel berichtet über das Vorkommen ausgewählter organischer Schadstoffe in Kompost sowie Gärgut und Presswasser (die festen und flüssigen Rückstände nach der Abpressung des Outputs aus dem Fermenter der Gäranlagen), die wichtigsten Parameter, welche die Schadstoffbelastung beeinflussen, die Schadstoffeinträge in die Böden sowie die Resultate der ökotoxikologischen Untersuchungen. Die Untersuchungen wurden vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Bundesamt für Energie (BFE) finanziert. Die folgenden Laboratorien beteiligten sich an den Analysearbeiten: EMPA Dübendorf, Norwegian Institute for Air Research, Tromsø, NO und Fraunhofer Institut, Schmallenberg. Im Projekt «Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit» (Fuchs *et al.* 2008) wurden parallel dazu die nutzbringenden Wirkungen von Kompost sowie Gärgut und Presswasser untersucht.

Analyse von Kompost, Gärgut und Presswasser

Proben von Kompost, Gärgut und Presswasser, hergestellt aus getrennt gesammelten organischen Abfällen, wurden auf 32 Kompostier- und sieben Vergärungsanlagen der Schweiz entnommen. Der Beprobungsplan berücksichtigte die Parameter, welche aller Voraussicht nach die Belastung dieser Produkte wesentlich beeinflussen (Brändli *et al.* 2005): (i) Verfahren: aerobe und anaerobe Behandlung mit Kompost und Gärgut/Presswasser als Endprodukte, (ii) die mengenmässig wichtigsten Ausgangsmaterialien: Grünabfall (organische Abfälle von privaten Gärten und öffentlichen Grünflächen) und Küchenabfälle (ungekochte organische Abfälle, die in Küchen von privaten Haushalten, Restaurants und Kantinen anfallen), (iii) Herkunft des Materials: städtische und ländliche Regionen, (iv) Saison, in der das Ausgangsmaterial gesammelt wurde: Frühling/Sommer, Herbst, Winter. Der Einfluss dieser Parameter wurde mittels nicht-parametrischer statistischer Tests erfasst. Diese Parameter konnten nicht für alle Stoffgruppen ausreichend berücksichtigt werden (z.B. bei Datensätzen von $n \leq 12$; vgl. Tabelle 1).

Die untersuchten Stoffgruppen zählen zu den so genannten POPs (persistente organische Schadstoffe gemäss Stockholmer Konvention) oder sind neuere organische Schadstoffe (sog. «emerging organic pollutants»), welche ähnliche Stoffeigenschaften wie die POPs aufweisen: grosse Verbreitung in der Umwelt, Toxizität, Persistenz (geringe Abbaubarkeit) und teilweise endokrine Wirkungen. Die wichtigsten Quellen und Anwendungen der Stoffe sowie die Anzahl der untersuchten Proben sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1. Untersuchte Stoffgruppen (die im Text verwendeten Abkürzungen sind fett gedruckt), ihre wichtigsten Quellen und Anwendungen sowie Probenzahl

	Quellen und Anwendungen	$n_{(P)}$ *	$n_{(A)}$ *
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAK (Total der 15 PAK [Ⓛ] : Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Benzo[ghi]perylen)	Fossile Brennstoffe, Verbrennungsprozesse (Heizung, Heizkraftwerke, KVA), offene Feuer, Motorfahrzeuge (Abgase, Abrieb von Reifen und Strassenbelägen)	85	39
Ortho-substituierte polychlorierte Biphenyle, PCB (Total der 7 Kongeneren 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) [Ⓜ]	Öl von Transformatoren, Hydraulikflüssigkeiten, Schmiermittel, Weichmacher,	85	39
Dioxin-ähnliche polychlorierte Biphenyle, DL PCB (Total der Kongeneren 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) [Ⓜ]	Verbot in den 1970er Jahren	20	12
Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und -furane, PCDD/Fs [Ⓜ]	Verbrennungsprozesse	20	12
Polybromierte Diphenylether, PBDE, pentaBDE [Ⓜ] , octaBDE [Ⓜ] , DecaBDE (Kongeneren 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 209)	Bromierte Flammschutzmittel (Plastik, Textilien, Materialien für Fahrzeuge und	20	12
Hexabromcyclododecan, HBCD	Baumaterialien, elektrische	20	12
Tetrabrombisphenol A, TBBPA	und elektronische Apparate)	20	12
Perfluorierte Alkyl-Verbindungen, PFAS : Total der 6:2 Fluorotelomer Sulfonate + der gesättigten/ungesättigten Fluorotelomer Carboxylate, 6:2 FTS/FT(U)CA; Total der perfluorierten Sulfonate, PFS; Total der perfluorierten Carboxylate, PFCA; Total der Fluoroktan Sulfonamide und Sulfonamidoethanole, FOSA/FOSE	Oberflächenbehandlung von Textilien, Teppichen, Leder und Papieren, Schäume zur Brandbekämpfung, Schmiermittel, Insektizide	18	11
Chlorierte Paraffine, CP (Total der kurzkettigen (C ₁₀ -C ₁₃) und mittelkettigen (C ₁₄ -C ₁₇) Verbindungen) [Ⓜ]	Metallbearbeitungs- u. Schmieröle, Farben, Beschichtungen, Dichtungs- u. Flammschutzmittel, Weichmacher	3	3
Phthalate: Di-2-Ethylhexylphthalat, DEHP	Weichmacher	6	6

* $n_{(P)}$: Anzahl der analysierten Proben, $n_{(A)}$: Anzahl der beprobten Anlagen

[Ⓛ] Normalerweise wird das Total der 16 PAK nach EPA inkl. Dibenz[a,h]anthracen rapportiert. Infolge von Problemen bei der Quantifizierung dieser Verbindung ist das Total von 15 PAK angegeben (Dibenz[a,h]anthracen beträgt nur 1 – 2 % der $\Sigma 16$ EPA PAK)

[Ⓜ] In der der Stockholmer Konvention über persistente organische Schadstoffe (POPs) aufgeführt

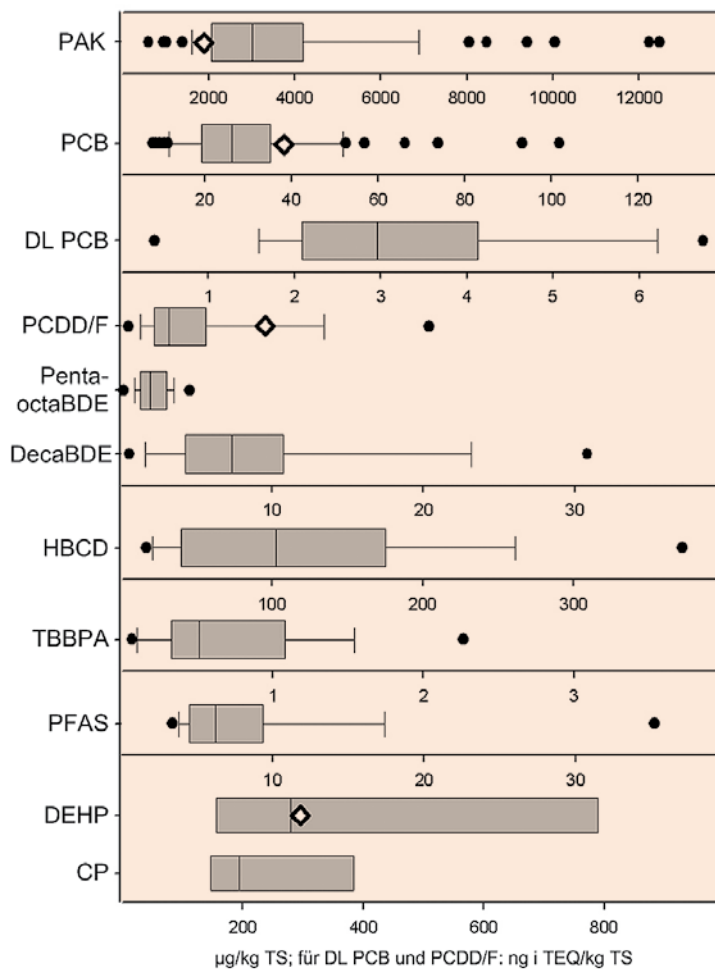
[Ⓜ] Verwendung eingeschränkt in der EU

Ökotoxikologische Untersuchungen

Im Rahmen einer Vorstudie wurde die Eignung verschiedener Testmethoden mit mehreren Testorganismen (Springschwänze, auch Collembolen genannt:

Folsomia candida, *Folsomia fimetaria*, Wasserflöhe *Daphnia magna*, Leuchtbakterien *Vibrio fischeri*) für Kompost und Gärgut geprüft (Stämpfli *et al.* 2005). *Folsomia candida* haben im Vergleich zu andern Testor-

Abb. 1. Gehalte der organischen Schadstoffe in Kompost und Gärgut in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (DL PCB in ng WHO-TEQ/ kg TS und PCDD/F als ng I-TEQ; I-TEQ: International Toxicological Equivalents); Boxplots: Linie: Median; Box: 25 und 75% Perzentil; Whiskers: 10 und 90% Perzentil; Punkte: Ausreisser; Raute: Literaturwert nach Brändli *et al.* 2005). Abkürzungen der Stoffe: Tabelle 1.



ganismen am empfindlichsten reagiert. Springschwänze sind ein wichtiger Teil der Lebensgemeinschaft im Boden. *Folsomia candida* kommen nahezu überall auf der Welt vor, weisen einen kurzen Reproduktionszyklus auf und sind im Labor leicht zu züchten. Für 18 Proben wurden Überlebens- und Reproduktionsrate von *Folsomia candida* nach 28 Tagen Exposition in einem Kompost- beziehungsweise Gärgut-Boden Gemisch von 1:7,5 untersucht, was einer Ausbringungsmenge von 100 t Trockensubstanz (TS)/ha in einer Bodenschicht von 5 cm entspricht. Die beobachteten Effekte wurden mit einem Kontrollverfahren (der reine, in der Mischung verwendete Boden) verglichen. Die gestesteten Proben wurden im Rahmen der vorliegenden Studie auf Schadstoffe analysiert.

Belastung durch organische Schadstoffe

Alle oben aufgeführten Stoffklassen wurden in den untersuchten Proben gefunden (vorwiegend im Bereich von $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS; Abb. 1). Die Gehalte lagen über den Konzentrationen von Böden mit einer üblichen Hintergrundbelastung. Die höchsten Konzentrationen wiesen polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) auf mit Gehalten zwischen 600 und 12470 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (Brändli *et al.* 2007a). Etwa 25 % der Proben lagen über dem Richtwert für Kompost, Gärgut und Presswasser von 4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS gemäss ChemRRV (Anonym 2005). Die Gehalte waren höher im Vergleich zu den Werten aus der Literatur. Ortho-substituierte polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine und -furan (PCDD/F) zeigten niedrigere Gehalte im

Vergleich zu vorhandenen Daten (Brändli *et al.* 2005). Die rückläufigen PCB Konzentrationen in Komposten dürften generell auf abnehmende Umweltkonzentrationen aufgrund des Verbots von PCB in den 1970er Jahren zurückzuführen sein. Die Abnahme von PCDD/Fs kann durch technologische Verbesserungen bei Kehrlichtverbrennung und industriellen Verfahren erklärt werden. Phthalate wurden in ähnlichen Konzentrationen wie in früheren Studien beobachtet. Hexabromcyclododecan (HBCD), Tetrabrombisphenol A, perfluorierte Alkyl-Verbindungen (PFAS) und decabromierte Diphenylether wurden in Kompost und Gärgut erstmals nachgewiesen (Brändli *et al.* 2007b). Die Konzentrationen lagen im niedrigen ppb Bereich mit Ausnahme von HBCD und der chlorierten Paraffine (CP) mit Gehalten zwischen 17 und 384 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS.

Gärgut wies mit Ausnahme von PCB, PCDD/Fs und PFAS tendenziell höhere Gehalte an organischen Schadstoffen im Vergleich zu Kompost auf. Die Konzentrationen in Presswasser waren in der Regel höher als diejenigen in Gärgut ausser für PCB und einzelne bromierte Flammenschutzmittel. Allerdings lagen dazu nur zwei bis fünf Analysewerte vor.

Quellen von organischen Schadstoffen im Kompost

Kompost aus urbanen Gebieten enthielt statistisch signifikant höhere Konzentrationen an PCB im Vergleich zu ländlichen Regionen. Die Gehalte der andern Stoffgruppen waren in Kompost städtischer Herkunft ebenfalls höher (Unterschiede statistisch nicht signifikant) mit Ausnahme von PAK und HBCD. Dies erscheint plausibel, da viele der untersuchten Stoffe zu grossen Anteilen in Erzeugnissen und Bauten von urbanen Gebieten enthalten sind und freigesetzt

werden, was zu höheren Emissionen im Vergleich zu ländlichen Regionen führt. Für diese Stoffe dürfte die atmosphärische Deposition ein wichtiger Eintragspfad sein. Gezielte Analysen wiesen auf Verbrennungsprozesse als Ursache der PAK Belastung hin (Brändli *et al.* 2007a). Diese können via atmosphärische Deposition oder Verfrachtung von Partikeln aus dem Strassenbereich in das Ausgangsmaterial von Kompost und Gärgut gelangen.

Schadstoffeinträge in die Böden

Die Bedeutung des Eintrags von organischen Schadstoffen in die Böden durch die Verwendung von Kompost, Gärgut und Presswasser wird aus dem Vergleich mit andern Quellen wie Klärschlamm, Hofdünger und atmosphärischer Deposition ersichtlich. Hierzu wurden die Gesamtfracht, welche in die landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz eingetragen wird, und die flächenspezifische Fracht (Fracht pro Hektare landwirtschaftliche Nutzfläche, normiert auf 70 kg P₂O₅) berechnet (Brändli *et al.* 2007a,b). Im Folgenden werden die Resultate von PAK und DEHP diskutiert.

Die atmosphärische Deposition war die wichtigste Quelle von PAK für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz (1720 kg pro Jahr;

Abb. 2). Die Summe der Fracht in Kompost, Gärgut und Presswasser von 520 kg pro Jahr lag im Vergleich zur Fracht in Klärschlamm (290 kg pro Jahr) und Hofdünger (360 kg pro Jahr) höher und betrug 18 % der Gesamtfracht. Kompost und Gärgut verursachten bei weitem die höchste flächenspezifische Fracht. Dies ist auf den verhältnismässig hohen Gehalt in Kompost und Gärgut und die Ausbringungsmengen zurückzuführen. Gärgut führte zu deutlich, Presswasser zu leicht höheren flächenspezifischen PAK Einträgen im Vergleich zu Kompost.

Für DEHP waren die Frachten in Klärschlamm und Hofdünger höher im Vergleich zu Kompost und Gärgut. Ähnlich wie bei PAK dürfte die atmosphärische Deposition eine wichtige Eintragsquelle darstellen. DEHP ist unter aeroben Bedingungen gut abbaubar, was einen höheren Abbau während der Kompostierung im Vergleich zur Behandlung von Klärschlamm oder von Hofdüngern führen dürfte.

Diese beiden Stoffe widerspiegeln die Spannweite des Beitrags von Kompost und Gärgut bezüglich Bodenbelastung. Bei PAK ist der Beitrag hoch und bei DEHP niedrig. Die übrigen untersuchten Stoffe lagen dazwischen. Oft war aber die Datengrundlage ungenügend für einen Vergleich der Frachten.

Auswirkungen auf Bodenlebewesen

Von den untersuchten Kompost- und Gärgutproben zeigten 16 Proben eine hemmende und 13 Proben eine stimulierende Wirkung auf die Reproduktion von *Folsomia candida* (Pohl 2006). Statistisch signifikante Effekte wurden für vier beziehungsweise fünf Proben gefunden. Die Mortalität der adulten Tiere war in 14 Proben höher als 20 % (davon für 3 Proben statistisch signifikant). Zwischen Reproduktion und Mortalität der adulten Tiere bestand keine Korrelation. Die beobachteten Effekte korrelierten nicht mit den gefundenen Schadstoffgehalten. Möglicherweise können auch andere nicht untersuchte Stoffe (evtl. auch «natürliche» Stoffe) Auswirkungen haben.

Für die Beurteilung der Toxizität der Proben wurde das Schema von Achazi *et al.* (2000) angewendet. Vier Proben wurden als wenig toxisch und die übrigen als nicht toxisch beurteilt. Dies stimmt mit Feld- und Laborstudien überein, die positive Effekte für Springschwänze (Petersen *et al.* 2003) nach Einbringung von organischer Substanz in die Böden mittels Verwendung von Klärschlamm oder Kompost beobachtet haben. In der Literatur wurden stimulierende Effekte auf die Reproduktion von Bodenorganismen im Zusammenhang mit einer geringen Belastung

Abb. 2. Frachten pro Jahr von PAK und DEHP aus der Anwendung von Kompost, Gärgut, Presswasser (für PAK), Klärschlamm, Hofdünger sowie atmosphärische Deposition. "○" entspricht der mittleren totalen Fracht in die landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz in kg/Jahr und "△" der mittleren flächenspezifischen Fracht (Fracht pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche bei üblichen Ausbringungsmengen (normiert auf 70 kg P₂O₅) in g/ha/Jahr). Die vertikalen Linien zeigen den Bereich (Minimum und Maximum) an.

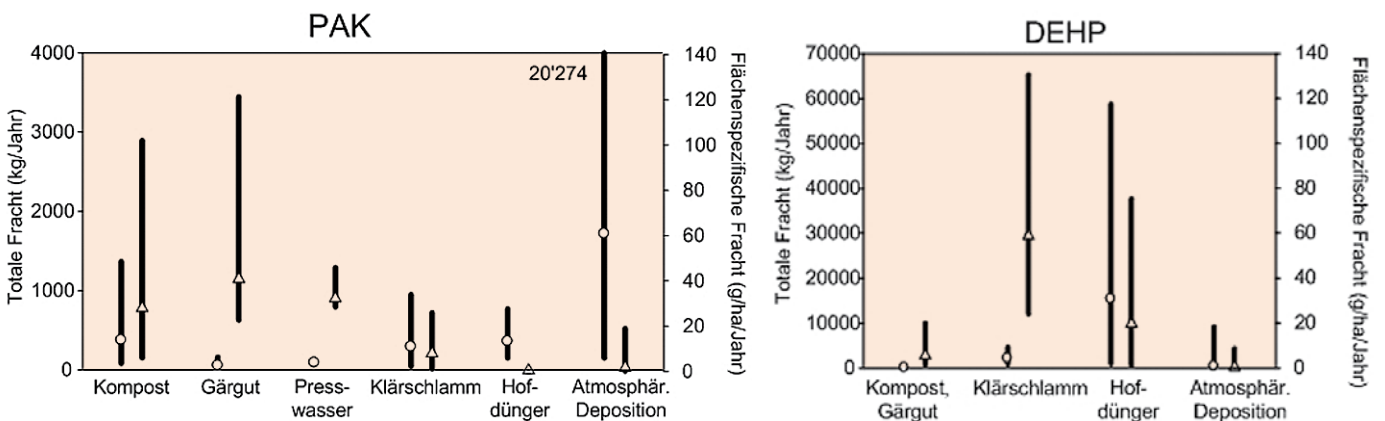




Abb. 3. Kompost trägt zur Wiederverwendung von Nährstoffen und zur Verbesserung der Bodeneigenschaften bei.

von Schadstoffen beschrieben. Es ist allerdings noch nicht klar, ob diese Effekte positiv oder als Zeichen von Stress zu bewerten sind. In aquatischen Systemen wurden bei Mischungen von Schadstoffen und Vorliegen von Abbauprodukten bereits bei geringen Konzentrationen schädigende Wirkungen beobachtet. Für solche Mechanismen fehlen die Kenntnisse bezüglich terrestrischer Systeme allerdings noch weitgehend.

Ähnlich wie andere Studien wiesen die Resultate der ökotoxikologischen Untersuchungen darauf hin, dass die Ausbringung von organischen Schadstoffen mittels Verwendung von Kompost und Gärgut kein unmittelbares Risiko für den Boden darstellt. Negative Auswirkungen können jedoch aufgrund der grossen Artenvielfalt und der Kenntnislücken hinsichtlich der terrestrischen Ökosysteme nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Schlussfolgerungen

Die Resultate des vorliegenden Projekts liefern die bisher umfassendste Übersicht bezüglich organischer Schadstoffe in Kompost, Gärgut und Presswasser. Die meisten Verbindungen wurden in den Produkten von Kompostier- und Vergärungsanlagen in verhältnismässig niedrigen Konzentrationen gefunden. Eine unmittelbare Gefährdung des Bodens ist aufgrund der Resultate der ökotoxikologischen Untersuchungen nicht zu erwarten. Für Stoffe wie PAK, welche hohe Einträge in die Böden verursachen, werden aus Gründen der Vorsorge und der Ansprüche an die Qualität dieser Recyclingdünger Massnahmen zur Verminderung der Gehalte empfohlen.

Literatur

- Achazi R.K., Römke J. & Riepert F., 2000. Collembolen als Testorganismen. In: Toxikologische Beurteilung von Böden (Heiden S., Erb R., Dott W., Eisenräger A., eds.), Spektrum Verlag, Heidelberg, Germany, pp 83-103.
- Anonym (2005) Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV vom 18 Mai 2005. Der Schweizerische Bundesrat, Bern.
- Brändli R.C., Bucheli T.D., Kupper T., Furrer G., Stadelmann F.X. & Tarradellas J. 2005. Persistent Organic Pollutants in Source-Separated Compost and its Feedstock Materials - a Review of Field Studies. *J. Environ. Qual.* **34**(3), 735-760.
- Brändli R.C., Bucheli T.D., Kupper T., Furrer R., Stahel W., Stadelmann F.X. & Tarradellas J. 2007a. Organic pollutants in Swiss compost and digestate. 1. Polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons and molecular markers, determinant processes, and source apportionment. *J. Environ. Monit.* **9**(5), 456-464.
- Brändli R.C., Kupper T., Bucheli T.D., Zennegg M., Huber S., Ortelli D., Müller J., Schaffner C., Iozza S., Schmid P., Berger U., Edder P., Oehme M., Stadelmann F.X. &

Tarradellas J. 2007b. Organic pollutants in Swiss compost and digestate; 2. Polychlorinated Dibenzop-dioxins, and -furans, dioxin-like polychlorinated biphenyls, brominated flame retardants, perfluorinated alkyl substances, pesticides, and other compounds. *J. Environ. Monit.* **9**(5), 465-472.

■ Fuchs J.G., Berner A., Mayer J. & Schleiss K., 2008. Einfluss von Komposten und Gärgut auf die Bodenfruchtbarkeit. *Agrarforschung* **15**(6), 276-281.

■ Petersen S.O., Henriksen K., Mortensen G.K., Krogh P.H., Brandt K.K., Sorensen J., Madsen T., Petersen J. & Gron C., 2003. Recycling of sewage sludge und household compost to arable land: fate und effects of organic contaminants, und impact on soil fertility. *Soil Tillage Res.* **72**(2), 139-152.

■ Pohl M., 2006. Side effects of two insect growth regulators and compost on the non-target soil organisms *Folsomia fimetaria* and *Folsomia candida* (Collembola, Isotomidae). Master Thesis, Ecole

Polytechnique Fédérale de Lausanne.

■ Stämpfli C., Niang F., Becker van Slooten K., Kupper T., Bachmann H.J., Stadelmann F.X. & Tarradellas J., 2005. Impact écotoxicologique de l'épandage de compost sur des sols agricoles. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

RÉSUMÉ

Micropolluants organiques dans le compost et le digestat en Suisse

Des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), des polychlorobiphényles (PCBs), des dibenzo-*p*-dioxines et dibenzo-*p*-furanes polychlorés, des PCBs de type dioxine, des retardateurs de flamme polybromés, des composés alkylés perfluorés, des paraffines chlorées et des phtalates ont été trouvés dans le compost, le digestat et le jus de pressage provenant de 39 installations. La teneur de la plupart des composés était de l'ordre du μg par kg de MS, ce qui est plus élevé que la charge normale mesurée dans les sols. Les teneurs les plus importantes ont été observées pour les HAPs (600 à 12'470 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de MS), un quart des échantillons dépassant la valeur indicative applicable au compost selon l'ORRChim (4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS). Les concentrations variaient largement pour la plupart des substances. Le digestat tendait à présenter des teneurs en micropolluants organiques supérieures à celles du compost. Les processus de combustion sont vraisemblablement la source principale des HAPs. La charge en HAPs contenue dans le compost et le digestat, soit 18 % de la quantité totale, était notablement plus élevée que dans les engrais de ferme et les boues d'épuration. Les autres composés étaient de moindre importance. Les résultats des études écotoxicologiques ont indiqué que la dissémination de micropolluants organiques par épandage de compost ou de digestat ne présente aucun risque immédiat pour le sol. Cependant, pour des substances telles que les HAPs, des mesures sont recommandées pour diminuer les teneurs afin de respecter le principe de précaution et en vue de la qualité de ces engrais de recyclage.

SUMMARY

Organic pollutants in compost and digestate of Switzerland

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans (PCDD/F), dioxin-like PCBs, polybrominated flame retardants, perfluorinated alkyl substances, chlorinated paraffins and phthalates were found in compost, digestate and presswater originating from 39 composting and digestion plants. The concentrations were mostly in the range of $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight (dw) but above background contents of soils. PAHs exhibited the highest concentrations ranging between 600 and 12470 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dw. About 25 % of the samples were above the guide value of ChemRRV (4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dw). Digestate showed higher concentrations compared to compost for most compounds. Incineration was likely to be the main source of PAHs. The loads of PAHs to soil due to the application of compost and digestate were significantly higher compared to manure and sewage sludge constituting 18 % of the total load. The other compounds were of lower importance. The results of the ecotoxicological studies indicated that the distribution of organic pollutants due to the application of compost and digestate does not pose a direct risk for the soil. For compounds such as PAHs, measures to reduce the contamination are recommended with respect to the precautionary principle and the quality of these recycling fertilizers.

Key words: Organic contaminants, ecotoxicity, presswater, composting, anaerobic digestion