

Abfälle zur Verwendung im Pflanzenbau

Roger LÖTSCHER, Thomas KUPPER, Toni CANDINAS, Nadia HUNGERBÜHLER und Jean-Marc BESSON, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Liebefeld, CH-3003 Bern

Auskünfte: Thomas Kupper, e-mail: Thomas.Kupper@iul.admin.ch

Erstmals wurde für die Schweiz eine umfassende Bestandesaufnahme der Abfälle erstellt, welche für die Verwendung im landwirtschaftlichen und para-landwirtschaftlichen¹ Pflanzenbau in Frage kommen. Um welche Stoffe und Mengen geht es? Welche Bedeutung haben sie für die Düngung und den Bodenschutz? Welche Massnahmen sind zu treffen? Diese Fragen standen im Mittelpunkt der Untersuchung.

Neben Klärschlamm und Kompost werden seit Jahren zahlreiche weitere aus Abfällen hergestellte Produkte als Dünger, Bodenverbesserungsmittel, Zusätze zu Düngern usw. angeboten. Bei der Düngerkontrollstelle des Bundes am IUL nahm die Anzahl der eingereichten Anmeldungen für den Einsatz von Abfällen als Dünger in letzter Zeit zu. Drei Umstände können dafür hauptsächlich verantwortlich gemacht werden: 1. Die Aufbereitung von Abfällen zu Abfalldüngern und die Abgabe an die Landwirtschaft ist oft die kostengünstigere Lösung als andere Verwertungsarten oder die Entsorgung. 2. Die gesetzlichen Regelungen in der Abfallwirtschaft wurden verschärft. Gemäss Technischer Verordnung über Abfälle (TVA, Anonym 1990) wird die Deponierung von organischen Stoffen ab dem Jahr 2000 verboten. 3. Durch die Verwertung organischer und mineralischer Abfälle erzielen die Unternehmungen ein besseres Ansehen als durch die blosser Entsorgung.

Die Verwendung von Abfällen im landwirtschaftlichen und para-landwirtschaftlichen¹ Pflanzenbau kann eine gute Lösung darstellen, sofern die Anforderungen des Umweltschutzes, besonders des Bodenschutzes eingehalten werden. Die Landwirtschaft verfügt über die notwendigen Flächen und hat eine grosse Erfahrung in der Verwendung von verwandten Erzeugnissen wie Hof- oder Gründünger. Abfalldünger enthalten aber wie andere Dünger neben Nutstoffen auch Schadstoffe (Schwermetalle und organische Schadstoffe). Um die Belastung der Umwelt möglichst gering zu halten, und um einen optimalen Nutzen für den Pflanzenbau sicher-

zustellen, müssen sie strenge Qualitätsanforderungen erfüllen. Die gute Kenntnis dieser Abfälle ist eine Grundbedingung, damit ihre Eignung für die landwirtschaftliche Verwendung anhand konkreter Qualitätsanforderungen geprüft werden kann.

Bestandesaufnahme von Abfällen

Insgesamt wurden 60 verschiedene Abfallarten erfasst, die für eine Verwendung als Dünger oder Erzeugnisse wie Bodenverbesserungsmittel, Zusätze zu Düngern usw. in Frage kommen (Lötscher und Hungerbühler, 1997). Es wurden nur Abfälle einbezogen, die aufgrund der Definitionen gemäss Anhang 4.5 der Stoffverordnung den Abfalldüngern (Kompost, unverrotetes pflanzliches Material, Erzeugnisse aus tierischen Abfällen, Klärschlamm) oder den Mineraldüngern (Erzeugnisse, die aus Naturstoffen hergestellt werden) zugeordnet werden können. Nicht im Vordergrund stand die Frage, ob ihre Verwendung im Pflanzenbau aus ökologischen oder pflanzenbaulichen Gründen überhaupt er-

wünscht ist. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, welche Abfälle verwertet beziehungsweise entsorgt werden.

Diese Bestandesaufnahme führte zu folgenden Ergebnissen: Die Gesamtmenge an Abfällen beträgt ca. 4,7 Mio. Tonnen Trockensubstanz pro Jahr (t TS/a; vgl. Tab. 1). Mit 2,4 Mio. t TS/a machen Kieswaschschlämme rund die Hälfte dieser Menge aus. Sie sind aber für den Pflanzenbau, bis auf wenige spezielle Verwendungszwecke, uninteressant und werden zum grössten Teil deponiert. Bei der zweiten Hälfte dieser Abfälle unterscheiden wir drei Verwertungsarten, auf die je rund ein Drittel der Menge entfallen: 770'000 t TS/a werden als Futtermittel verwendet, 680'000 t TS/a gehen in die industrielle Verarbeitung oder werden thermisch genutzt und 660'000 t TS/a werden gegenwärtig im Pflanzenbau verwendet. Diese Menge wird zu ungefähr je der Hälfte in der Landwirtschaft und in der Para-Landwirtschaft eingesetzt. Die mengenmässig wichtigsten Einzelkategorien bilden dabei kompostierbare Abfälle, Klärschlamm und Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie.

Aktuelle Nährstofffrachten in Abfalldüngern

Zur Zeit werden den Böden pro Jahr mit Abfalldüngern rund 7'900 t Stickstoff (N),



Abb. 1. Kalkabfälle aus der Zuckerproduktion werden in der Landwirtschaft als Dünger oder Bodenverbesserungsmittel verwendet.

¹ Para-Landwirtschaft = Bewirtschaftung privater Gärten, des Umschwungs aller übrigen Gebäude, öffentlicher Grünflächen, Erholungsflächen, Grünflächen im Bereich von Strassen, Bahnen und Flugplätzen.

Tab. 1. Die wichtigsten Abfälle, die zur Verwendung im Pflanzenbau in Frage kommen und ihre aktuelle Verwertung beziehungsweise Entsorgung; Mengen in 1000 t Trockensubstanz pro Jahr (geschätzte Werte: kursiv gedruckt)

Abfall	Gesamtmenge	Verwertung			Entsorgung
		Futtermittel	landw. + para-landw. Pflanzenbau	Industrielle Verarbeitung, thermische Nutzung	
Kieswaschschlamm	2400			100	2300
Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie	966	751	110	93	12
Kompostierbare Abfälle ¹	490		340		150
Restholz	330		30	300	
Klärschlamm	211		116		95
Rinden	167		47	120	
Schlämme aus Papierindustrie	105			55	50
Aschen ²	24		10		14
Weitere Abfälle ³	47	19	10	13	5
Total	4740	770	663	681	2626

¹ Unter kompostierbare Abfälle fallen sämtliche pflanzlichen Abfälle, ausgenommen jene, welche aus der industriellen Produktion stammen.

² Aschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Brennholz bzw. Holzschnitzeln sowie von Rinden der Spanplatten- und Papierindustrie.

³ Abfälle aus der Herstellung von Lederwaren, Naturtextilien, aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie, aus Grossküchen sowie aus der Elektrizitätswirtschaft.

Tab. 2. Aktuelle Nährstofffrachten von Abfalldüngern, in t Nährstoff pro Jahr und in Prozent des gesamten Anfalls (gerundet)

Abfalldünger	Stickstoff		Phosphor		Kalium	
	t / Jahr	%	t / Jahr	%	t / Jahr	%
Klärschlamm ¹	4900	62	2700	71	400	11
Kompost ²	2200	28	600	16	1700	46
Abfalldünger aus der Nahrungsmittelindustrie ³	700	9	400	10	500	13
Aschen ⁴	0	0	100	3	1000	27
Weitere Abfalldünger ⁵	100	1	0	0	100	3
Total	7900	100	3800	100	3700	100

¹ Menge und Gehalt gemäss Candinas und Chassot 1997.

² Inkl. Abfälle, die in Tabelle 1 separat ausgewiesen sind, sofern sie in Kompostierwerken verarbeitet wurden: Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie, Rinden, Abfälle aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie, aus Grossküchen sowie aus der Elektrizitätswirtschaft. Die Gesamtmenge an Kompost wurde wie folgt geschätzt: Kompost aus zentralen Kompostieranlagen (jährlich verarbeitete Menge > 100 t): 450'700 t Frischsubstanz gemäss Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 1998. Kompost aus kleinen Kompostieranlagen (z.B. Feldrandkompostierung): 22'500 t Frischsubstanz (geschätzt). Kompost aus Eigenkompostierung in Hausgärten: 270'000 t Frischsubstanz gemäss Estermann 1994. Gehalte gemäss Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich 1997.

³ Berücksichtigt wurden mengenmässig wichtige Abfälle wie Rübenkalk und Wascherde aus der Zuckerindustrie, Abfälle aus der Obst- und Gemüseverarbeitung sowie Schlachtnebenprodukte wie Panseninhalt, Horn- und Knochenmehl, die als Dünger verwendet wurden. Gehalte: Rübenkalk gemäss persönlicher Mitteilung H. Würsch, Ricoter; Wascherde aus der Zuckerindustrie gemäss Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 1993; übrige Abfälle gemäss Anonym 1995.

⁴ vgl. Fussnote 2 der Tabelle 1. Gehalt gemäss Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 1996.

⁵ Rinden, Restholz und Abfälle aus der Herstellung von Naturtextilien, die nicht kompostiert wurden. Gehalte gemäss Anonym 1995.



Abb. 2. Kompost ist ein hochgeschätzter Abfalldünger. Landwirte und Landwirtinnen ergreifen die Gelegenheit, ihr Wissen und Können in einen neuen Betriebszweig einzubringen.

3'800 t Phosphor (P) und 3'700 t Kalium (K) zugeführt (Tab. 2). Die wichtigsten Nährstofflieferanten bilden dabei Klärschlamm (rund 55 % wurden 1994 landwirtschaftlich verwendet) und Kompost (inkl. Kompost aus Eigenkompostierung). Der weitaus grösste Anteil des N- und P-Anfalls stammt aus dem Klärschlamm. Kompost hat eine 2-4 Mal geringere Bedeutung und die übrigen Abfalldünger sind vernachlässigbar. Der K-Anfall verteilt sich demgegenüber auf verschiedene Quellen. Die wichtigsten sind Kompost und Aschen. Der in Abfalldüngern eingesetzte N und P gelangt zu rund 85 %, K zu ca. 70 % auf landwirtschaftlich genutzte Böden. Der Rest an Nährstoffen wird in der Para-Landwirtschaft eingesetzt, vor allem als Kompost aus der Eigenkompostierung.

Aktuelle Schwermetallfrachten in Abfalldüngern

Der grösste Anteil der Schwermetallfrachten in Abfalldüngern stammt aus Klärschlamm (Tab. 3). Er beträgt für die Elemente Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Zink die Hälfte und mehr der Gesamtfracht. Da der Anteil von Klärschlamm an der P-Fracht (P ist der Nährstoff, der weitaus am stärksten mit Schwermetallen vergesellschaftet ist) in Abfalldüngern aber noch höher ist, heisst das, dass Klärschlamm ein günstigeres (weiteres) P-/Metall-Verhältnis aufweist als andere Abfalldünger. Auch der Anteil der Schwermetallfrachten im Kompost liegt unter seiner Bedeutung als Nährstofflieferant. Er macht zwischen 5 % und 15 % aus. Die Frachten der Holzaschen und der Rinden (in Tab. 3 unter weitere Abfalldünger bzw. Kompost aufgeführt) sind im Verhältnis zu ihrer geringen Nährstoffmenge hoch.

Die Schwermetallfracht in Abfalldüngern gelangt zu 80 % und mehr auf die landwirtschaftlich genutzten Böden, knapp 20 % gehen in die Para-Landwirtschaft.

Stellenwert der Abfalldünger im Pflanzenbau

Gemessen am Nährstoffbedarf von Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft ist der derzeitige Nährstoffeinsatz mit Abfalldüngern von mässiger Bedeutung. Er beträgt 8 % des N-Bedarfs, 15 % des P-Bedarfs und 3 % des K-Bedarfs (vgl. Tab. 4).

Der gesamte Nährstoffeinsatz mit Hofdüngern, Abfalldüngern und Mineraldüngern in der Schweiz übersteigt den Bedarf bei weitem. Der Überschuss an Gesamt-

Tab. 3. Aktuelle Schwermetallfrachten von Abfalldüngern in Tonnen pro Jahr (Fussnoten vgl. Tab. 2)

Abfalldünger	Blei t/Jahr	Cadmium t/Jahr	Chrom t/Jahr	Kupfer t/Jahr	Nickel t/Jahr	Quecksilber t/Jahr	Zink t/Jahr
Klärschlamm ¹	15,9	0,22	8,7	41,1	3,8	0,21	132
Kompost ²	9,0	0,07	4,0	8,1	2,5	0,03	28
Abfalldünger aus der Nahrungsmittelindustrie ³	1,0	0,03	1,6	2,2	1,2	0,02	5
Aschen ⁴	0,4	0,03	0,5	3,6	0,6	0,01	6
Weitere Abfalldünger ⁵	1,2	0,01	0,4	0,2	0,1	0,00	2
Total Abfalldünger	27,5	0,36	15,2	55,2	8,2	0,27	173

Tab. 4. Nährstoffbedarf von Landwirtschaft (inkl. Sömmerungsweiden) und Para-Landwirtschaft sowie Nährstoffeinsatz mit Hofdüngern, Mineraldüngern und Abfalldüngern in Tonnen pro Jahr und in Prozent des Bedarfs

	Gesamt-Stickstoff		Verfügbare Stickstoff ¹		Phosphor		Kalium	
	t N/Jahr	%	t N/Jahr	%	t P/Jahr	%	t K/Jahr	%
Nährstoffbedarf der Landwirtschaft und Para- Landwirtschaft²			96'700	100	25'900	100	112'000	100
Nährstoffeinsatz								
Hofdünger ³	140'600	145	70'900	73	22'100	85	176'400	158
Mineraldünger ⁴	58'800	61	58'800	61	7'700	30	27'900	25
Abfalldünger ⁵	7'900	8	3'400	4	3'800	15	3'700	3
Total	207'300	214	133'100	138	33'600	130	208'000	186

¹ Berechnung des «verfügbaren Stickstoffes» (N_{verf}):

Hofdünger (gemäss persönlicher Mitteilung H. Menzi, IUL): Die Berechnung entspricht den Hauptberechnungsschritten des «Gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltes» nach LBL:

- «Kaum vermeidbare Verluste» im Stall und während der Hofdüngerlagerung werden abgezogen:

Rindvieh und andere RGVE 15 %, Schweine 20 %, Geflügel 30 %

- 60 % «Verfügbarkeit» des ausgebrachten N in Hofdünger

- Nicht berücksichtigt sind die Korrekturen (Abzüge) für «Vollmist», Weide- und Laufhofhaltung, Anteil offener Ackerfläche. Mineraldünger: 100 % von N_{tot} . Klärschlamm sowie übrige Dünger und diesen gleichgestellte Erzeugnisse: 50 % von N_{tot} . Kompost: 25 % von N_{tot} .

² Bedarf der Landwirtschaft gemäss persönlicher Mitteilung E. Spiess (IUL), Stand 1996 (exakte Zahlen 92'128 t N, 24'744 t P, 107'731 t K). Gemäss Frei *et al.* (1993) wird der Bedarf der Para-Landwirtschaft für N und P auf 5 % bzw. für K auf 4 % des Bedarfs der Landwirtschaft geschätzt.

³ Total gemäss persönlicher Mitteilung H. Menzi (IUL), Stand 1996.

⁴ Gemäss persönlicher Mitteilung T. Amstutz (Schweiz. Bauernsekretariat). Stand 1995/96.

⁵ Gemäss Tabelle 2.

Stickstoff beträgt über 100 %, an Kalium rund 90 % und an Phosphor ca. 30 %.

Die Hofdünger allein verursachen einen Überschuss an Gesamt-Stickstoff und an Kalium von je ca. 50 % des Bedarfs. Wird aufgrund der unvermeidbaren Stickstoffverluste eine N-Verfügbarkeit der Hofdünger von 60 % angenommen, resultiert bezüglich Stickstoff ein Mangel von ca. 25 %. Bei Phosphor fehlen ca. 15 % der erforderlichen Nährstoffmenge. Kalium ist im Überschuss vorhanden und zirkuliert innerhalb der Betriebe auf einem hohen Niveau: Auf K-reichen Böden wachsen K-reiche Futtermittel, welche zu K-reichen Hofdüngern führen.

Ein Vergleich des Nährstoffbedarfs der Landwirtschaft und der Para-Landwirtschaft mit dem Nährstoffanfall aus Hof- und Abfalldüngern zeigt, dass der P-Anfall aus Hof- und Abfalldüngern recht genau dem Bedarf von Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft entspricht. Wird eine N-Verfügbarkeit von 60 % für Hof-

dünger beziehungsweise 50 % für Abfalldünger (nur 25 % für Kompost) unterstellt, bleibt bei Stickstoff ein Mangel von gut 20 %, der Überschuss an Kalium verändert sich nur unwesentlich.

Abfalldünger, die P enthalten, sind für die Landwirtschaft besonders wertvoll. Für N-haltige Abfalldünger gilt das nur beschränkt, da die Verfügbarkeit von Stickstoff in diesen Produkten oft gering oder schlecht bekannt ist. Abfalldünger, die vor allem K enthalten, haben eigentlich keinen Platz in der Landwirtschaft.

Stellenwert der Abfalldünger für Bodenschutz

Aus der Sicht des Bodenschutzes wurde bisher vor allem der Schwermetalleintrag untersucht. Die Dünger haben eine sehr grosse Bedeutung beim Schwermetalleintrag in den Boden, auch wenn bei einzelnen Metallen der Eintrag über die Deposition grösser ist.

Im Gesamtvergleich der Dünger sind die Schwermetallfrachten von Abfalldüngern (Tab. 5) im Verhältnis zu den in ihnen enthaltenen Nährstofffrachten (Tab. 4) überproportional hoch. Für Chrom liegt der Anteil der Abfalldünger mit 18 % der Gesamtfracht in Düngern nur leicht über dem entsprechenden Anteil der P-Fracht. Die Bleifracht dagegen ist mit einem Anteil von 74 % der Gesamtfracht aus Düngern sehr hoch. Die Frachtanteile der übrigen Schwermetalle liegen bei 30 %. Wegen fehlender Daten konnte der Vergleich für Quecksilber nicht durchgeführt werden. Auch wenn die berechneten Frachten aufgrund der unterschiedlichen Quellen eine vorsichtige Interpretation verlangen, geht aus der vorliegenden Zusammenstellung eindeutig hervor, dass Abfalldünger ein ungünstigeres Nutzstoff-Schadstoffverhältnis aufweisen als die übrigen Dünger. Für eine gesamtökologische Beurteilung müssen allerdings auch Vorteile der Abfalldünger wie Einsparung von Rohstoffen und Energie berücksichtigt werden. Zudem sind Abfalldünger Reststoffe, die ohnehin vorliegen. Werden sie nicht als Dünger verwendet, müssen sie anderweitig entsorgt werden.

Zukünftige Entwicklung

Es ist damit zu rechnen, dass auch in Zukunft dem Pflanzenbau Abfalldünger angeboten werden. Es besteht sogar eine Tendenz, bisher entsorgte oder anderweitig verwertete Abfälle auf die pflanzenbauliche Nutzung umzulagern. Dies betrifft vor allem Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie und aus Grossküchen, weitere Kompostmengen sowie Aschen aus der Verbrennung von Energiepflanzen. Eine Verdoppelung der bisher ausgebrachten Nährstoffmenge in Abfalldüngern wäre theoretisch möglich. Es ist allerdings nicht wünschenswert, dass dieses Potential ausgeschöpft wird, da der Nährstoffbedarf beschränkt und die Qualität dieser Produkte teilweise ungenügend ist.

Umweltverträgliche Verwendung von Abfällen

Es besteht ein beträchtliches Potential an Abfällen, welche zur Verwendung als Dünger eingesetzt werden könnten. Der Nährstoffbedarf im Pflanzenbau ist jedoch beschränkt. Deshalb sollen geeignete Abfälle wenn möglich nicht als Dünger, sondern als Futtermittel oder als Rohstoffe für die Industrie eingesetzt werden. Viele Abfälle ha-

ben relativ hohe Schadstoffgehalte. Deshalb sollen nur diejenigen als Dünger verwendet werden, die den Forderungen des Bodenschutzes am besten gerecht werden, also die beste Qualität aufweisen. Dazu gehören beispielsweise Rübenkalk und verschiedene weniger bedeutende Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie. Klärschlamm und Kompost nehmen eine Mittelstellung ein. Holzasche weist eine deutlich schlechtere Qualität auf.

Der Wert der Abfalldünger liegt vor allem in ihrem Phosphorgehalt. Als Ergänzung zu den Hofdüngern kann die gegenwärtig anfallende P-Menge in Abfalldüngern im landwirtschaftlichen und para-landwirtschaftlichen Pflanzenbau bedarfsgerecht eingesetzt werden. Dasselbe gilt auch für den Anfall an verfügbarem Stickstoff. Durch die Verwendung von Abfalldüngern wird jedoch der Überschuss an Gesamtstickstoff erhöht. Dadurch leisten sie einen zusätzlichen Beitrag zur Belastung von Luft und Gewässern. Das Kalium in Abfalldüngern hingegen ist von geringer Bedeutung. Es besteht bereits ein beträchtlicher Kaliumüberschuss aus Hofdüngern, der nach heutigem Wissen aber kaum eine Umweltbelastung verursacht.

Grundsätzlich sollte bei der Verwertung von Abfällen der ökologisch besten Lösung (Gesamtschau Richtung Ökobilanz erforderlich) Priorität eingeräumt werden. Ein sorgfältiges Abwägen zwischen den Vorteilen der Wiederverwertung von Abfällen und den Grundsätzen des Bodenschutzes ist in jedem Fall notwendig. Eine betriebswirtschaftlich billige Entsorgung über die Landwirtschaft wird nicht geduldet. Zu diesem Zweck wurde eine Wegleitung zur Zulassung von Düngern und diesen gleichgestellten Erzeugnissen erarbeitet (Anonym 1999). Darin sind Anforderungen an die Qualität von Abfällen aufgeführt, die als Dünger abgegeben werden. Das Zulassungsverfahren umfasst eine ökologische Bewertung vor dem erstmaligen Inverkehrbringen und eine darauf folgende regelmässige Überprüfung der Qualität der Abfalldünger. Dieses Verfahren ermöglicht, mit Schadstoffen belastete und andere ungeeignete Erzeugnisse zu erkennen und von der Verwendung im Pflanzenbau auszuschliessen sowie geeignete Abfalldünger einer sachgerechten Verwendung zuzuführen. Die Grenzwerte für Klärschlamm und Kompost liegen aus juristischen Gründen zurzeit noch über den neuen Grenzwerten für andere Abfälle. Sie müssen zum Schutz des Bodens so rasch als möglich im Zuge einer Revision der Stoff-

Tab. 5. Schwermetallfrachten von Abfalldüngern im Vergleich mit Hofdüngern und Mineraldüngern in Tonnen pro Jahr (n.b.: nicht bekannt)

Düngerart	Blei t/Jahr	Cadmium t/Jahr	Chrom t/Jahr	Kupfer t/Jahr	Nickel t/Jahr	Quecksilber t/Jahr	Zink t/Jahr
Abfalldünger	27,5	0,36	15,2	55,2	8,2	0,27	173
Hofdünger ¹	7,8	0,11	12,7	94,9	12,6	n.b.	461
Mineraldünger ²	1,9	0,44	57,7	4,3	3,6	5,82	35
Total aller Dünger	37,2	0,91	85,6	154,4	24,4	>6,09	669
Anteil der Abfalldünger	74 %	39 %	18 %	36 %	33 %	-	26 %

¹ Berechnung mittels: Hofdüngeranfall in t TS gemäss (Eidg. landwirtschaftliche Forschungsanstalten 1994); Tierzahl 1995 (Rindvieh: Milch, Mast; Schweine: Zucht, Mast; Geflügel: Legehennen, Mast); Gehalt an Pb, Cd, Cu und Zn nach Menzi und Kessler 1998; Gehalt an Cr und Ni gemäss Rösch 1996.

² Mengen und Gehalte nach Frei *et al.* 1993, korrigiert.

verordnung auf dasselbe Niveau gesenkt werden.

LITERATUR

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, 1997. Kompostier- und Vergärungsanlagen im Kanton Zürich. Jahresbericht 1996
- Anonym, 1995. Datenblätter zur Charakterisierung von Rest- und Abfallstoffen. Bundesgütegemeinschaft Bodenverbesserung e.V., Düsseldorf/str. 9-11, 68219 Mannheim.
- Anonym, 1990. Technische Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10.12.1990, Stand am 1. April 1996.
- Anonym, 1999. Wegleitung zur Bewertung und Zulassung von Düngern und diesen gleichgestellten Erzeugnissen. Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Liebefeld, der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich. In Vorbereitung.
- Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL), 1998. Abfallstatistik 1996. Umwelt-Materialien Nr. 90, Abfälle, Bern.
- Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL), 1996. Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 269, Holz / Boden, Bern.
- Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL), 1993. Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO), Messresultate 1985-1991. - Schriftenreihe Umwelt Nr. 200, Boden, Bern.
- Candinas T. und Chassot G, 1997. Klärschlamm 1984, 1989 und 1994: Abfall, Dünger und Träger von Umweltinformationen. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau - Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL). Interner Bericht.
- Eidg. landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 1(7).
- Estermann R., 1994. Kompostieren als neuer Betriebszweig für Landwirtschaftsbetriebe. ETH Zürich: Diplomarbeit am Institut für Agrarwissenschaft.
- Frei U., Candinas T., Besson J.-M. und Chardonens M., 1993. Stellung des Kompostes in der Düngung. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Umwelthygiene Liebefeld-Bern. Schriftenreihe Nr. 13.
- Menzi H. und Kessler J., 1998. Heavy metal content of manures in Switzerland. Proc. RAMIRAN-conference, Rennes (F) May 26-29, 1998 (in press).
- Lötscher R. und Hungerbühler N. 1997. Abfälle zur Verwendung als Dünger - Bestandesaufnahme für die Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) - Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Liebefeld-Bern. Interner Bericht.
- Rösch C. 1996. Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Garten-

abfällen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt. Wissenschaftliche Berichte, FZKA 5857.

RÉSUMÉ

Inventaire des déchets utilisables comme engrais en Suisse

L'inventaire exhaustif des déchets entrant en ligne de compte comme engrais en Suisse a été effectué pour la première fois. Les 60 types différents de déchets répertoriés représentent une quantité totale de 4,7 millions de tonnes de matière sèche. Environ 0,7 millions de tonnes sont actuellement utilisés en production végétale. Les besoins en éléments nutritifs de la production végétale sont ainsi couverts à raison de 8 % pour N, 15 % pour P et 3 % pour K. Quant aux apports de métaux lourds, la contribution des engrais à base de déchets est supérieure à leur importance relative, quantitativement, par rapport aux engrais de ferme et aux engrais minéraux. C'est pourquoi, il est nécessaire de disposer d'une procédure d'autorisation et d'assurance de qualité afin de garantir une utilisation des engrais de déchets respectueuse de l'environnement en production végétale, mais aussi parce que l'offre en engrais de déchets augmentera probablement.

SUMMARY

Inventory of waste fertilizers - the situation in Switzerland

For the first time a comprehensive inventory of wastes that could be recycled in the Swiss agriculture as fertilizer was established. It includes about 60 different types of wastes, which amount to a total quantity of 4.7 million tons of dry matter, of which 0.7 tons are at present used in crop production. They thus cover 8 % of the nitrogen, 15 % of the phosphorus and 3 % of the potassium requirement of the agricultural crop production. In comparison with manure and mineral fertilizers, the heavy metal load of waste fertilizers (relatively to the load of N+P+K) is high. Therefore a guideline for the quality control and registration of waste fertilizers will be introduced in Switzerland to minimize the environmental risk in connection with the use of waste fertilizers.

KEY WORDS: waste fertilizers, inventory of wastes, nutrient load, nutrient requirement, heavy metal load