Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft

Autor(en): **Furrer, O.J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **125 (1983)**

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-593176

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweiz. Arch. Tierheilk. *125,* 579–588, 1983

Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft

O.J. Furrer

1. Einleitung

Klärschlamm aus häuslichen Abwässern enthält Pflanzennährstoffe und organische Substanz. Er kann daher als natürliches Dünge- und Bodenverbesserungsmittel dienen. Die Verwertung des Schlammes im Landbau entspricht einer natürlichen Rezirkulation und ist aus ökologischen Überlegungen zu begrüssen.

Auch ökonomisch ist die Verwertung des Schlammes im Landbau sinnvoll. In vielen Fällen ist sie die kostenmässig günstigste Art, den Schlamm loszuwerden. Sie ermöglicht zudem, Importdünger einzusparen, was volkswirtschaftlich vorteilhaft ist. Aber auch die Landwirtschaft kann dabei profitieren, wenn der Schlamm kostenlos auf die Felder ausgebracht wird.

2. Grundlagen der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung

Klärschlamm ist vergleichbar mit Gülle. In der Gülle sind die Ausscheidungen der Tiere enthalten, verdünnt mit bescheidenen Mengen an Wasser, normal etwa zwei Teile Wasser zu einem Teil Kot und Harn. Die Ausscheidungen der Bevölkerung gelangen mit viel Wasser via Kanalisation in die Kläranlage (ARA). Das Wasser dient als Transportmittel: etwa 200 Teile Wasser auf einen Teil Schmutzstoffe. In der ARA wird versucht, möglichst viele Schmutzstoffe wieder aus dem Wasser herauszunehmen, im Schlamm zu konzentrieren. Im Prinzip sind im Klärschlamm die Ausscheidungen der Bevölkerung enthalten. Bei der landwirtschaftlichen Verwertung werden sie in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgebracht, wie es mit den Hofdüngern geschieht (*Furrer,* 1980; *Furrer und Candinas,* 1982).

Aber es gelangen in die Kanalisation nicht nur die Ausscheidungen der Bevölkerung, sondern auch viele Fremdstoffe und Schadstoffe:

- aus dem Haushalt: die Waschmittel mit viel Phosphor und eine grosse Anzahl nicht erwünschter Produkte, die oft unüberlegt in den Ablauf geschüttet werden,
- aus Industrie und Gewerbe: recht grosse Mengen Fremdstoffe,
- aus der Abwasserbehandlung: Zusatzstoffe.

Diese Fremdstoffe sind es, die bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung Probleme bereiten, sie unter Umständen sogar verunmöglichen. Noch nicht erwähnt wurden die hygienischen Probleme, die auch bei Gülle auftreten können, beim Klärschlamm aber eine viel grössere Bedeutung spielen, weil «Fremdes» in die Kreisläufe hineingelangt.

Voraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ist eine einwandfreie Qualität des Schlammes und eine ge-

eignete Organisation von Transport, Verteilung und Beratung. Dies bedingt folgende Massnahmen (*Furrer,* 1977; *Furrer,* 1979):

- Untersuchung des Schlamms auf Pflanzennährstoffe (Gehalt und Wirksamkeit) und Berücksichtigung der mit Schlamm ausgebrachten Nährstoffe im Düngerplan;
- Überwachung des Klärschlammes auf schädliche Inhaltsstoffe, speziell auf Schwermetalle;
- Hygienisierung des Schlammes, der auf Futterflächen ausgebracht wird und Überwachung auf pathogene Keime, speziell Salmonellen;
- Bereitstellung von ausreichenden Lagerkapazitäten, damit der Schlamm nicht zu ungeeignetem Zeitpunkt ausgebracht werden muss, speziell um Gewässerverschmutzung durch Klärschlamm zu vermeiden;
- Bereitstellen von geeigneten Mitteln für Transport und Verteilung des Schlammes;
- Information und Beratung der Klärmeister, der Transporteure und der Landwirte über die zweckmässige Anwendung und Handhabung zwecks einer echten, erfolgreichen Verwertung der Schlämme.

3. Nährstoffgehalt von Klärschlamm

Klärschlamm ist ein organischer Dünger. Er enthält organische Substanz, die als Bodenverbesserungsmittel die Bodenstruktur und den Humusgehalt positiv beeinflussen kann (*Furrer und Stauffer,* 1982). Vor allem aber ist Klärschlamm ein wertvoller Lieferant der Pflanzennährstoffe Phosphor und Stickstoff, aber auch von Calcium und Magnesium. Der Nährstoffgehalt der Schlämme schwankt von Kläranlage zu Kläranlage recht stark (*Bolliger und Furrer,* 1981).

In den Jahren 1980/81 wurden im Rahmen der Klärschlamm-Kontrolle 1600 Proben aus 266 grossen und mittelgrossen Kläranlagen, die pro Jahr fast 120 kt Klärschlamm-Trockenmasse an die Landwirtschaft abgeben, analysiert. Im Mittel enthielten die flüssigen Proben 6,4% Trockenmasse mit 42% organischer Substanz. Je Tonne Trockenmasse wurde folgender durchschnittlicher, gewichteter und gerundeter Nährstoffgehalt gefunden:

Stickstoff: Total	40 kg N_T
davon: Ammonium-Stickstoff	15 kg N_A
organisch gebundener Stickstoff	25 kg N_O
kurzfristig wirksamer Stickstoff	20 kg N_W
Phosphor	30 kg P
Kalium	2 kg K
Calcium	70 kg Ca
Magnesium	7 kg Mg

a) Stickstoff

Im Klärschlamm ist eine grosse Zahl mineralischer und organischer Stickstoffverbindungen zu finden. Für die Analyse und die Beurteilung des Stickstoffes im Hinblick auf die landwirtschaftliche Verwertung unterteilen wir den Gesamtstickstoff (N_T) in zwei Hauptfraktionen:

$N_T = N_A + N_O$ N_A = Ammonium-Stickstoff
N_O = organisch gebundener Stickstoff

Ammonium-Stickstoff (N_A) ist die im Klärschlamm, speziell Faulschlamm, mengenmässig mit Abstand wichtigste mineralische, wasserlösliche N-Verbindung. Nitrat als weitere mineralische, lösliche N-Verbindung wird nur ausnahmsweise in grösseren Mengen in Klärschlamm gefunden. N_A ist zum grössten Teil im Schlammwasser gelöst und nur ein geringer Teil ist an der organischen Substanz austauschbar adsorbiert. Bei der Entwässerung geht N_A mit dem Wasser weg, bei der Trocknung verflüchtigt sich N_A als Ammoniak (NH_3). Es ist eine enge Beziehung zwischen dem Wassergehalt und dem Ammoniumgehalt von Faulschlamm zu beobachten (Abb. 1). In einem m^3 Faulschlammwasser ist rund ein kg N_A gelöst. Ammonium wird von den Pflanzen gut aufgenommen, kann aber auch teilweise durch Ammoniak-Verflüchtigung beim Ausbringen verloren gehen.

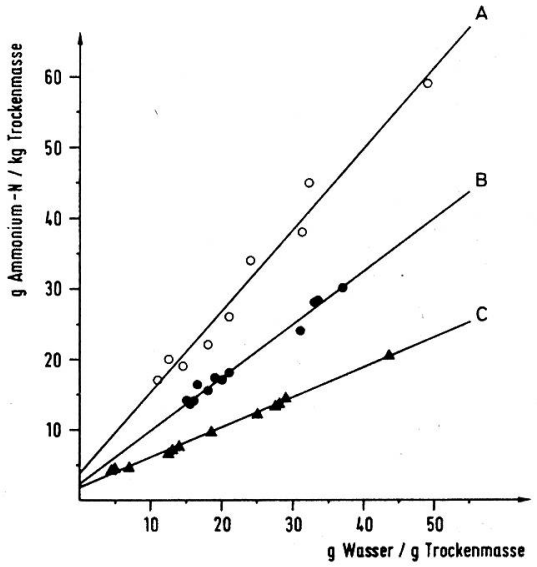

Abb. 1 Beziehung zwischen dem Wassergehalt (x = g Wasser je g Trockenmasse) und dem Ammoniumgehalt (y = g N_A je kg Trockenmasse) in Faulschlamm-Proben von drei verschiedenen Kläranlagen.
A: $y = 3{,}8 + 1{,}15\,x$ $r = 0{,}99$
B: $y = 2{,}4 + 0{,}75\,x$ $r = 0{,}99$
C: $y = 1{,}8 + 0{,}43\,x$ $r = 0{,}99$

Organisch gebundener Stickstoff (N_O) ist in Proteinen und vielen andern Verbindungen in unterschiedlicher Konzentration vorhanden. Nur ein sehr geringer Anteil des N_O ist wasserlöslich (z.B. Aminosäuren). In der organischen Substanz (OS) von Schlamm sind knapp 6% N zu finden. Bevor die Pflanzen diesen Stickstoff aufnehmen können, müssen die organischen Verbindungen aufgespalten und abgebaut werden. Diese Umwandlung, die durch Mikroorganismen erfolgt, wird Mineralisation genannt, weil dabei aus der organischen Substanz mineralische Verbindungen wie CO_2, NH_4^+ etc. gebildet werden. Im Boden wird in der ersten Vegetationsperiode

nach dem Ausbringen etwa ein Viertel des organisch gebundenen Stickstoffes mineralisiert und so pflanzenverfügbar (*Furrer und Bolliger,* 1978).

Im Vergleich zu Ammonsalpeter kann im Mittel mit folgender Stickstoff-Wirksamkeit gerechnet werden:

$N_W = 0{,}9\ N_A + 0{,}25\ N_O$

Für die kurzfristige Stickstoff-Wirkung ist somit der Ammoniumgehalt entscheidend. Aerob stabilisierte Schlämme enthalten viel weniger Ammonium (~ 5 kg/t TM) als Faulschlämme (~ 15 kg N_A/t TM) und zeigen entsprechend eine viel schwächere Stickstoffwirkung.

b) Phosphor

Phosphor (P) ist der wichtigste Pflanzennährstoff im Klärschlamm. Er stammt zum grossen Teil von den Waschmitteln. Der P-Gehalt ist besonders hoch bei Schlämmen aus Kläranlagen mit 3. Reinigungsstufe, also mit einer chemischen P-Fällung. Die P-reichsten Schlämme enthalten in der Trockenmasse mehr P (bis 10%) als die wichtigsten P-Handelsdünger. Die Wirksamkeit des Klärschlamm-Phosphors ist etwa so gut wie jene des Phosphors in Thomasschlacke (*Gupta und Häni,* 1978; *Häni und Gupta,* 1978).

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den P-Gehalt der Klärschlämme der Schweiz. Im Schlamm von Anlagen ohne chemische P-Elimination beträgt der P-Gehalt im Mittel 20 kg/t TM. Bei Anlagen mit 3. Stufe wird durchschnittlich 35 kg P/t TM gefunden. Heute (1983) dürften etwa 50 kt Schlamm-Trockenmasse aus Abwasserreini-

Tabelle 1: Phosphorgehalt der Klärschlämme aus 266 Kläranlagen der Schweiz (1980/81), ohne und mit chemischer P-Elimination (3. Stufe). Jährlicher Anfall für die Landwirtschaft an Trockenmasse (TM) und Phosphor (P), aufgeteilt nach Gehaltsklassen

Gehalts-klassen kg P/t TM	kt Trockenmasse ohne P-Elim.	mit P-Elim.	Total	t Phosphor ohne P-Elim.	mit P-Elim.	Total
0– 5	0	0	0	0	0	0
5–10	1,4	0	1,4	11	0	11
10–15	8,7	0,9	9,6	111	11	122
15–20	17,3	2,1	19,4	306	40	346
20–25	13,2	7,6	20,8	287	172	459
25–30	2,2	6,1	8,3	59	167	226
30–35	2,3	12,1	14,4	75	384	459
35–40	0,6	22,9	23,5	23	852	875
40–45	2,8	11,2	14,0	116	482	598
45–50	0	4,2	4,2	0	197	197
50–55	0	0,5	0,5	0	26	26
55–95	0	0,5	0,5	0	33	33
Total	48,5	68,1	116,6	988	2364	3352
Mittlerer Phosphorgehalt kg P/t TM				20	35	29

gungsanlagen ohne 3. Stufe und 70 kt aus Anlagen mit 3. Stufe anfallen. Der mittlere P-Gehalt dürfte 30 kg P/t TM betragen und die gesamte P-Menge im Schlamm etwa 3,5 kt P pro Jahr.

4. Düngerwert von Klärschlamm

Gegenüber Rindergülle ist Klärschlamm viel reicher an Phosphor und ärmer an Kalium. Schlamm weist also ein ganz anderes Nährstoff-Verhältnis auf und ist eine ausgezeichnete Ergänzung zu P-armer Gülle, wie folgender Vergleich der Nährstoffgehalte (kg/m³) zeigt:
HG = Harngülle mit wenig Kot, 1:2 mit Wasser verdünnt,
VG = Rindervollgülle, 1:2 mit Wasser verdünnt,
KS = mittlerer Klärschlamm:

	TM	OS	N	N_W	P	K	Ca	Fr.
HG	23	13	2,3	2,1	0,1	5	0,2	7.50
VG	40	33	1,8	1,1	0,3	2	0,9	4.20
KS	64	27	2,5	1,2	2	0,2	4,5	8.40

Bei der Berechnung des Düngerwertes wurde der rasch wirksame Teil des Stickstoffes berücksichtigt und die aktuellen Handelsdüngerpreise für Ammonsalpeter, Thomasschlacke und Kali 60 verwendet (vgl. Tab. 2). Je nach Art und Herkunft weist Klärschlamm recht unterschiedliche Nährstoffgehalte auf. Beim Phosphor ist entscheidend, ob eine 3. Reinigungsstufe vorhanden ist. Beim Stickstoff spielt der Wassergehalt eine wichtige Rolle. In Tabelle 2 sind drei Beispiele gerechnet. Beim «mittleren» Schlamm A sind ¾ des Wertes auf den P-Gehalt zurückzuführen. Beim entwässerten, P-reichen Schlamm B beträgt der Wertbeitrag des Phosphors sogar fast 90%, während beim wasserreichen Schlamm C Stickstoff fast 60% des Wertes bestimmt. Durch die umfangreiche, fast lückenlose Untersuchung der Klärschlämme, die in der Landwirtschaft Verwendung finden, sind die Kenntnisse über Nährstoffgehalt und Düngerwert der Schlämme sehr gut und die Möglichkeit einer optimalen Einbeziehung in den Düngerplan gegeben.

Tabelle 2: Düngerwert (Fr./t TM und Fr./m³) von Klärschlamm:
A = Durchschnitts-Schlamm (6,4% TM)
B = P-reicher, entwässerter Schlamm (25 % TM)
C = P-armer, wasserreicher Faulschlamm (3 % TM)

Nähr-Stoff	Preis je kg	Schlamm A Gehalt kg/t TM	Schlamm A Wert Fr./t TM	Schlamm B Gehalt kg/t TM	Schlamm B Wert Fr/t TM	Schlamm C Gehalt kg/t TM	Schlamm C Wert Fr./t TM
P	3.20	30	96.—	40	128.—	12	38.40
N_W	1.60	20	32.—	10	16.—	36	57.60
K	0.75	3	2.25	2	1.50	4	3.—
Total	je t TM		130.25		145.50		99.—
	je m³		8.35		36.40		3.—

Dieser Aufwand an Untersuchungstätigkeit mag als unverhältnismässig hoch erscheinen, wenn er verglichen wird mit dem relativ kleinen Aufwand der im Zusammenhang mit den Hofdüngern betrieben wird. Gesamtschweizerisch gesehen ist der Beitrag der Klärschlämme an die Nährstoffversorgung unserer Böden bescheiden im Verhältnis zum Beitrag der Hofdünger. Dies ist ersichtlich aus der folgenden Aufstellung des für 1980 geschätzten Düngerverbrauchs in der Schweiz:

Hofdünger	160 kt N	30 kt P	180 kt K
Handelsdünger	60 kt N	20 kt P	50 kt K
Klärschlamm	4 kt N	3 kt P	0,3 kt K
Anteil der Klärschlämme	1,8%	6%	0,1%

Es ist schwer verständlich, dass Klärschlamm nicht in der Landwirtschaft verwertet werden könne wegen der Gefahr von Phosphor-Überdüngung, wenn gleichzeitig die siebenfache P-Menge als Handelsdünger zugekauft wird.

5. Schadstoffgehalt von Klärschlamm

So sehr eine landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes vom Gesichtspunkt der Ökologie einer blossen Beseitigung vorzuziehen ist, darf diese nur dann erfolgen, wenn damit nicht eine Schädigung des Bodens, der Gewässer, der Pflanzen und der Konsumenten verbunden ist. Schadstoffe im Klärschlamm stammen vor allem aus belasteten Abwässern von Gewerbe und Industrie. Daneben sind aber auch viele diffuse Quellen vorhanden, so dass auch rein häusliche Abwässer eine gewisse Belastung mit Schadstoffen aufweisen (*Furrer,* 1977; *Furrer et al.,* 1980 und 1982).

Eine Beschränkung der Schadstoffzufuhr zum Boden durch Klärschlamm ist umso dringender, als der Boden auch aus andern Quellen (Hof- und Handelsdünger, Spritzmittel, Regen, Luftimmissionen) belastet wird.

Im Rahmen der Klärschlamm-Kontrolle wurden in den Jahren 1980/81 rund 1600 Klärschlamm-Proben auf Schwermetalle untersucht. Die 266 kontrollierten Kläranlagen produzieren über 90% des Schlammes, der in der Landwirtschaft verwertet wird. Tabelle 3 gibt einen Überblick über den durchschnittlichen Metallgehalt

Tabelle 3: Schwermetallgehalt von Klärschlamm (1980/81) und Schwermetall-Fracht als Bodenbelastung bei einer Klärschlamm-Gabe von 50 kg P/ha. Grenzwerte gemäss Klärschlamm-Verordnung.

Metall	Gehalt (g/t TM) Mittel	Grenzwert	Fracht (g/ha) mit 50 kg P	Grenzwert
Mo Molybdän	12	20	22	50
Cd Cadmium	15	30	28	75
Co Kobalt	17	100	32	250
Ni Nickel	88	200	167	500
Cr Chrom	275	1000	500	2500
Cu Kupfer	480	1000	900	2500
Pb Blei	495	1000	930	2500
Zn Zink	2035	3000	3000	7500

(g/t TM) der Schlämme, sowie über die Bodenbelastung pro Jahr bei einer Klärschlamm-Gabe, die einer Phosphor-Volldüngung von etwa 50 kg P/ha (= 115 kg P_2O_5) entspricht. Dazu sind die Grenzwerte nach Klärschlamm-Verordnung aufgeführt. Zur leichteren Interpretierung dieser Werte dürften einige Vergleiche dienlich sein.

Cadmium ist auch in aus Rohphosphat hergestellten P-Düngern vorhanden, wenn es nicht durch spezielle Fabrikationsmethoden entfernt wird. Rohphosphat enthält, je nach Herkunft, unterschiedliche Cd-Gehalte. Wenn wir eine Hektare Land mit 50 kg Phosphor düngen, ergibt dies eine Cd-Belastung bei Verwendung von:

Klärschlamm im Mittel (Tab. 3)		25 g Cd/ha
P-Handelsdünger:	Herkunft Marokko	12 g Cd/ha
	Herkunft Togo	25 g Cd/ha

Kupfer wird im Pflanzenschutz zur Pilzbekämpfung eingesetzt. Im Rebbau wurden während Jahrzehnten 20 bis 30 kg Cu/ha jährlich appliziert. Daneben sind die mit Klärschlamm im Mittel ausgebrachten Mengen von 0,9 kg Cu/ha relativ bescheiden.

An Blei wurde in den letzten Jahren in der Schweiz durch die Autos zwischen 1000 und 1500 t pro Jahr in die Luft ausgestossen. In der Nähe von Autobahnen betrug die Bodenbelastung etwa 2 kg Pb/ha im Jahr. Mit Klärschlamm wird in der ganzen Schweiz pro Jahr etwa 50 t Blei ausgebracht, im Mittel 0,9 kg/ha, wenn der ganze Phosphor-Bedarf mit Klärschlamm gedeckt wird. Neben den Schwermetallen ist auch den organischen Schadstoffen Beachtung zu schenken. Aus der enormen Zahl organischer Verbindungen, die von der chemischen Industrie entwickelt und hergestellt werden, seien hier stellvertretend nur einige Gruppen erwähnt: Pestizide, polychlorierte Biphenyle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, halogenierte aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe. Besondere Vorsicht ist bei allen schwerabbaubaren, insbesondere halogenierten Verbindungen sowie bei Stoffen, die sich in der Nahrungskette anreichern können, am Platze.

6. Umweltgerechte Anwendung von Klärschlamm

Zum Schutze der Gewässer werden in den Kläranlagen dem Abwasser Schmutzstoffe entzogen und im Klärschlamm in konzentrierter Form angereichert. Es wäre nun nicht sinnvoll, wenn durch unsachgemässen Schlammaustrag diese Schmutzstoffe wieder in die Gewässer zurück gelangen würden (*Furrer,* 1977 und 1979). Um derartige Gewässerverunreinigungen zu vermeiden, sind folgende Massnahmen notwendig und auch in der Schweizerischen Klärschlammverordnung vorgeschrieben:

Art. 10.2: «Klärschlamm muss gleichmässig auf den Düngeflächen verteilt werden und darf weder oberflächlich abfliessen noch in das Grundwasser versickern, noch in Bodendrainage oder Entwässerungsschächte von Strassen und Wegen gelangen.»

Art. 11.1: «Innert drei Jahren dürfen je Hektar Düngefläche nicht mehr als 7,5 t Klärschlamm-Trockenmasse ausgebracht werden.»

Art. 11.6: «Für das Ausbringen von Klärschlamm in Grundwasserschutzzonen gelten überdies die Beschränkungen der Schutzzonenreglemente.

Klärschlamm darf nicht ausgebracht werden:
a) auf durchnässten, schneebedeckten oder gefrorenen Böden;
b) in Mooren, an Hecken, auf Streueflächen und Trockenstandorten sowie im Fassungsbereich von Grundwasserschutzzonen;
c) an Ufern von Oberflächengewässern;
d) auf Waldboden und an Waldrändern».

Um Nitratverluste durch Auswaschung zu vermeiden gilt die Beschränkung nach:

Art. 11.2: «Klärschlamm darf nur ausgebracht werden, wenn der Boden bewachsen ist oder unmittelbar danach bepflanzt oder besät wird.»

Um all diese Vorschriften und Verbote einhalten zu können, ist genügend Lagerraum zu erstellen:

Art. 7.1: «Die Inhaber, die Klärschlamm zum Düngen abgeben, erstellen die erforderlichen Lager- oder Entwässerungsanlagen. Der Klärschlamm muss während mindestens drei Monaten gelagert werden können. Je nach der Höhenlage, den klimatischen und pflanzenbaulichen Verhältnissen des Gebiets, in dem der Klärschlamm ausgebracht wird, kann die kantonale Gewässerschutzbehörde (kantonale Behörde) die erforderliche Lagerdauer verlängern oder um höchstens einen Monat verkürzen.»

Die momentane Situation hinsichtlich Lagerraum ist unbefriedigend. In vielen Kläranlagen ist viel zu wenig Stapelkapazität für Klärschlamm vorhanden. Als Folge davon wird immer wieder unter ungünstigen Bedingungen Schlamm ausgebracht. Es ist dringend, dass die Kantone für die Sanierung möglichst kurze Fristen ansetzen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Klärschlamm die gleichen Gefahren für die Gewässerverschmutzung in sich trägt wie Gülle, dass also auch die gleichen Vorsichtsmassnahmen nötig sind beim Ausbringen.

7. Klärschlammkontrolle und Beratung

Im Rahmen der Düngerkontrolle wurden seit vielen Jahren regelmässig Klärschlämme durch die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld (FAC) untersucht. Seit dem Inkrafttreten der Klärschlamm-Verordnung am 1. Mai 1981 ist die Kontrolle geregelt gemäss Art. 13: «Kontrollen

[1] Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (Forschungsanstalt) kontrolliert in den fachlich gebotenen Zeitabständen den Klärschlamm, der zur Verwertung abgegeben wird, auf seinen Düngerwert und den Gehalt an Schadstoffen und an Enterobacteriaceen. Sie kann für die Probenahme und Untersuchung kantonale oder andere geeignete Stellen beiziehen.

[2] Die Forschungsanstalt und die von ihr beigezogenen Stellen können in den Abwasserreinigungsanlagen jederzeit Proben vom Klärschlamm nehmen. Die Inhaber erteilen ihnen die verlangten Auskünfte.

[3] Die Forschungsanstalt erhebt die im Gebührentarif vom 30. April 1975 der eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalt vorgesehenen Entschädigungen und Gebühren.

[4] Die Forschungsanstalt sorgt dafür, dass die Kontrollergebnisse dem Inhaber, der kantonalen Behörde und dem Bundesamt für Umweltschutz mitgeteilt werden.»

Obschon bis heute noch nicht die kleinste und letzte ARA in die Kontrolle einbezogen werden konnte, sind doch rund 95% der in der Landwirtschaft verwerteten Klärschlamm-Menge untersucht.

Eine gewisse Kontrolle des Klärschlammaustrages wird erreicht durch die Verpflichtung der Inhaber von Abwasserreinigungsanlagen zur Führung eines Abnehmerverzeichnisses gemäss Art. 5:

«Die Inhaber, die Klärschlamm zum Düngen abgeben, führen ein Verzeichnis, das mindestens enthält:

a) den Namen des Abnehmers;
b) die abgegebene Menge;
c) das Datum der Abgabe.»

Im Sinne einer Beratung des Schlammabnehmers dient der Lieferschein gemäss Art. 4: «Lieferschein

[1] Die Inhaber geben mit dem Klärschlamm, der verwertet wird, einen Lieferschein ab, der angibt:

a) den Gehalt an Trockensubstanz;
b) den Gesamtstickstoff;
c) den kurzfristig wirksamen Stickstoff;
d) den Phosphor;
e) die Schwermetalle (Gesamtbeurteilung);
f) die hygienische Beschaffenheit.

[2] Sie stützen ihre Angaben auf die Kontrollergebnisse der Forschungsanstalt.»

Unsere Forschungsanstalt (FAC) hat bei der Gestaltung der Lieferscheine mitgewirkt, so dass diese meistens neben den Gehaltsangaben noch nützliche Informationen für eine optimale Nutzung der Schlämme vermitteln. Zudem haben in den letzten Jahren Mitarbeiter der FAC Dutzende von Klärschlamm-Tagungen und regionale Informationsabende in der ganzen deutschsprechenden Schweiz durchgeführt.

8. Schlussbemerkung

Es darf festgestellt werden, dass in der Schweiz die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft gut organisiert und kontrolliert ist. Sie gilt international als vorbildlich. Durch unsere Klärschlamm-Verordnung (viele Teile davon sind in die Klärschlamm-Verordnung der BRD übernommen worden) wurde ein hoher Stand an Ordnung geschaffen. Unter diesen Bedingungen ist es sinnvoll, die Rezirkulation der wertvollen Rohstoffe im Klärschlamm zu unterstützen.

Anderseits sind weiterhin Anstrengungen zu machen, dass die Schadstoffgehalte weiter sinken und dass Schwächen, die sich zeigen können, behoben und vermieden werden.

Zusammenfassung

Die Verwertung von Klärschlamm im Landbau entspricht einer natürlichen Rezirkulation und ist aus ökologischen und ökonomischen Überlegungen zu begrüssen.

Im Mittel enthält Klärschlamm je t Trockenmasse:

40 kg Stickstoff	70 kg Calcium
30 kg Phosphor	7 kg Magnesium
2 kg Kalium	420 kg organischer Substanz.

Voraussetzung für eine erfolgreiche, landwirtschaftliche Schlammverwertung sind:
- einwandfreie Qualität der Schlämme, d.h. ohne Schadstoffe und Schadorganismen,
- zweckmässige Ausbringmethoden, um Umweltbelastungen zu vermeiden.

Der gegenwärtige Stand der landwirtschaftlichen Klärschlamm-Verwertung wird aufgezeigt.

Résumé

L'utilisation des boues d'épuration en agriculture correspond à une remise en circulation naturelle de produits de déchet bruts; elle est à recommander, tant au point de vue écologique qu'au point de vue économique.

Les boues d'épuration contiennent en moyenne par tonne de matière sèche:

40 kg d'azote	70 kg de calcium
30 kg de phosphor	7 kg de magnésium
2 kg de potassium	420 kg de matière organique

Les conditions à remplir pour obtenir une valorisation efficace des boues en agriculture sont les suivantes:
- qualité impeccable des boues c'est à dire absence de produits toxiques et d'agents pathogènes,
- technique d'épandage adéquate de type à éviter la contamination de l'environnement.

Le développement actuel de l'utilisation des boues d'épuration en Suisse est présenté.

Literatur

Bolliger R. und Furrer O.J.: Nährstoffgehalte in Schlämmen aus schweizerischen Kläranlagen. Proceedings of the First European Symposium on «Treatment and Use of Sewage Sludge», Cadarache Commission of the European Communities (CEC), Brussels, 242–246 (1981). – *Furrer O.J.:* Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm: Probleme durch Industrieabwässer. Textilveredlung *12* (6), 244–247 (1977). – *Furrer O.J.:* Einfluss hoher Gaben an Klärschlamm und Schweinegülle auf Pflanzenertrag und Bodeneigenschaften. Landw. Forsch. Sh. *33/1,* 249–256 (1977). – *Furrer O.J.:* Kontrolle der Qualität von Klärschlamm für die landwirtschaftliche Verwertung. Umweltschutz; Referate der 7. Fachtagung anlässlich der PRO AQUA–PRO VITA in Basel 52–63 (1977). – *Furrer O.J. und Bolliger R.:* Die Wirksamkeit des Stickstoffes im Klärschlamm. Schweiz. landw. Forsch. *17* 3/4, 137–147 (1978). – *Furrer O.J.:* Die Wirkung von Klärschlamm und Müllkompost auf Pflanzen, Boden und Sickerwasser in einem Lysimeterversuch. Bodenkundl. Gesellschaft der Schweiz, Bulletin Nr. 3, 73–82 (1979). – *Furrer O.J.:* Übersicht über die wichtigsten Parameter zur Charakterisierung der Schlämme hinsichtlich Beseitigung und Wiederverwertung. ATV-Kurs B/2: Schlammbehandlung und Schlammbeseitigung. Laasphe III.2, 1–19 (1979). – *Furrer O.J.:* Landwirtschaftlicher Wert des Klärschlamms. EAS-Seminar «Landwirtschaftliche Verwertung von Abwasserschlämmen», Basel 4.4, 1–11 (1980). – *Furrer O.J., Keller P., Häni H. und Gupta S.K.:* Schadstoffgrenzwerte – Entstehung und Notwendigkeit. EAS-Seminar «Landwirtschaftliche Verwertung von Abwasserschlämmen», Basel 1.2, 1–8 (1980). – *Furrer O.J. and Bolliger R.:* Phosphorus Content of Sludge from Swiss Sewage Treatment Plants. Proceedings on the EEC-Seminar, Groningen NL, June 12–13, 1980 on «Phosphorus in Sewage Sludge and Animal Waste Slurries». Published by D. Reidel Publishing Company, Dordrecht NL, 91–98 (1981). – *Furrer O.J. und Candinas T.:* Probleme der Schlammverwertung. Wiener Mitteilungen–Wasser, Abwasser, Gewässer, *47,* 1–29 (1982). – *Furrer O.J., Candinas T. und Lischer P.:* Schwermetallgehalte der Klärschlämme in der Schweiz. Landw. Forsch. Sh. *39,* 309–318 (1982). – *Furrer O.J. and Stauffer W.:* Influence of Sewage Sludge Application on Physical Properties of Soils and its Contribution to the Humus Balance. Proceedings of a CEC-Seminar in Munich, June 23–24, 1981 on the Influence of Sewage Sludge Application on Physical and Biological Properties of Soils, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 65–76 (1982). – *Gupta S.K. und Häni H.:* Form und Wirksamkeit von Klärschlammphosphat. Bulletin «Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz» *2,* 24–31 (1978). – *Häni H. und Gupta S.K.:* Kann Klärschlamm als P-Dünger verwendet werden? Schweiz. landw. Forsch. *17,* (1/2), 15–28 (1978). – *Schweizerischer Bundesrat:* Klärschlammverordnung vom 8. April 1981.