

## **Wirkungen unterschiedlicher Klärschlammgaben auf Böden und Pflanzenbestand eines Acker- und eines Grünlandstandortes im unteren Mürztal**

Von A. HYLLE und O. NESTROY

### **Zusammenfassung**

In einem zweijährigen Klärschlammversuch in Mürzhofen und St. Lorenzen in der Steiermark wurden die Auswirkungen von Klärschlamm auf Boden und Pflanze (Silomais und Grünland 1. Schnitt) untersucht. Trotz Zufuhr hoher Klärschlamm-Trockensubstanzmengen (Acker 7500 kg und Grünland 3750 kg pro ha und Jahr) wurden die Schwermetallgrenzwerte weder im Boden noch in den Pflanzen erreicht.

Da jedoch durch Klärschlammgaben eine stete Anreicherung von Schadstoffen stattfindet, ist eine Ausbringung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen nur bei strenger Überwachung und Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften möglich.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, daß unter diesen Bedingungen kurz- bis mittelfristig keine negativen Auswirkungen auf Boden und Pflanze zu erwarten sind.

Schlüsselwörter: Steiermark, Mürztal, Klärschlamm, Silomais, Dauergrünland.

### **Effects of different doses of sewage sludge on soil and plants of a cultivated and a grassland site in the lower valley of the river Mürz**

#### **Summary**

A two years' experiment in Mürzhofen and St. Lorenzen in Styria was carried out for measuring the effects of sewage sludge application on soil and plants. In the course, small plots with an area of 20 square meters each were treated with different intensities of application. In the highest intensity 7.5 tons of dry substance per ha and year was applied on the cultivated sites, 3.75 tons per ha and year on the grassland.

An enrichment of heavy metals such as zinc, copper, lead and cadmium was noticed on the cultivated soil. Higher contents of lead and mercury could be found in the grassland soil.

The plants of the grassland (first reaping) showed a clear increase of zinc and nickel. An increase of zinc and lead was also found in silage-maize.

Yet neither the cultivated nor the grassland site showed a more intensive growth of weeds compared to the untreated plots. A better growth of silage-maize as well as grass (first reaping) was quite obvious because of sewage sludge application.

The results of this two years' experiment show no significative negative effects on soils and plants according to the present laws and regulations in Styria.

Key-words: Styria, Mürz-valley, sewage sludge, silage-maize, grassland.

## 1. Einleitung und Fragestellung

In einer der jüngsten Ausgaben der Zeitschrift „Förderungsdienst“ wird von TOMEK (1992) über Abwasserreinigung und Klärschlamm Entsorgung berichtet. Der Zusammenstellung ist zu entnehmen, daß eine tägliche Klärschlammmenge von einem Liter bei 5 % Trockensubstanz pro Einwohnergleichwert in Österreich angenommen werden kann. Dies entspricht rund 550 t Klärschlamm-Trockensubstanz pro Tag, die ordnungsgemäß und umweltgerecht entsorgt werden muß. Derzeit werden rund 20 % über die Landwirtschaft entsorgt; das sind immerhin 200 t Trockensubstanz pro Tag, und dies bei steigender Tendenz, da österreichweit erst 85 bis 88 % der anfallenden Mengen über das öffentliche Kanalnetz entsorgt werden.

In der Steiermark sind nach NEUHOLD (1992) derzeit nur 53 % der Haushalte an ein Kanalnetz angeschlossen, wobei im konzentrierten Siedlungsgebiet diese Zahl bei 90 %, im ländlichen Raum bei 25 % liegt.

Die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und die damit verbundenen Folgen für Pflanze, Tier und Mensch ist somit ein Problemkreis, der nicht allein die Landwirtschaft belastet, sondern zunehmend gesellschaftspolitische Bedeutung erhält.

Wenn als eine der Möglichkeiten, Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht wird, so bedeutet dies in vielen Fällen nur eine räumliche und zeitliche Verlagerung des Entsorgungsproblems, da der Boden als Filter zwar das Grundwasser vor Kontamination schützt, doch selbst von den Inhaltsstoffen des Klärschlammes belastet wird. Falls der Boden infolge grober Textur und der damit verbundenen hohen Porosität solche Filterfunktionen nicht erfüllen kann, wird das Grundwasser direkt und rasch kontaminiert und die Problematik hat sich von der bodenkundlichen Seite auf die Seite der Umweltbelastung verschoben. Wir stehen erst am Beginn der Erfassung und Lösungsfindung dieser Reihe von Problemen.

Ein Teilproblem, nämlich die Untersuchung des Metabolismus der Festsubstanzen des Klärschlammes über den Boden in die Pflanze, stand im Mittelpunkt einer Dissertation (HYLL 1991), die physikalische wie chemische Untersuchungen von zwei Standorten im Mürztal (St. Lorenzen und Mürzhofen im Mürztal) zum Inhalt hatte und über deren Verlauf, Ergebnisse und Ausblick auszugswise referiert werden soll.

## 2. Beschreibung der Versuchsstandorte

St. Lorenzen (Ackerland)

Die Versuchsfläche befindet sich auf einer Niederterrasse in der KG St. Lorenzen und ist nach Süden orientiert. Die Seehöhe liegt bei ca. 570 m.

Standortbeschreibung:

- Bodentyp: — silikatische mittelgründige Felsbraunerde
- Muttergestein: — schluffig lehmige Deckschichten über silikatischem Schotter der Mürz
- Bodenart: — 0—20 cm lehmiger Schluff,  
20—60 cm schluffiger Lehm
- Wasserverhältnisse: — mäßig trocken, hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft
- Erosionsgefahr: — eine schwache Denutration
- Bearbeitbarkeit: — keine Behinderung bei Bearbeitung und Befahrung
- Kulturart: — Ackerland
- derzeitige Nutzung: — Silomais in Monokultur
- natürl. Bodenwert: — mittelwertiges Ackerland, mittelwertiges Grünland

Mürzhofen

Hier befindet sich die Versuchsfläche auf einem Schwemmkegel in der KG Rumpelmühle. Die Seehöhe beträgt rd. 575 m, die Exposition ist Südwest mit einer Neigung von 3°.

Standortbeschreibung:

- Bodentyp: — silikatische, schwach pseudovergleyte Braunerde
- Muttergestein: — Deckschichten über kristallinem Solifluktionsschutt
- Bodenart: — 0—40 cm lehmiger Schluff,  
40—65 cm lehmiger Schluff mit Schutt und Grus,  
65—90 cm u. tiefer schluffiger Lehm mit Schluff und Grus
- Wasserverhältnisse: — gut versorgt, im Untergrund schwach wechselfeucht
- Erosionsgefahr: — mäßig abschwemmungsgefährdet
- Bearbeitbarkeit: — ist vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abhängig
- Kulturart: — Dauergrünland
- derzeitige Nutzung: — Mähweide
- natürl. Bodenwert: — mittelwertiges Ackerland, mittelwertiges Grünland

Nach der Bodenempfindlichkeitskarte werden die Versuchsstandorte in St. Lorenzen/M. und Mürzhofen als minderempfindlich eingestuft.

2.1 Anlage der Versuchsflächen

Jede Parzelle weist ein Flächenausmaß von 20 m<sup>2</sup> (5 × 4 m) auf. Die ungedüngte Parzelle wurde mit Null (0) bezeichnet, die mit Klärschlamm beschlammten Parzellen mit eins (1), zwei (2) und drei (3). Als Abgrenzung zum übrigen Feld sowie zwischen den einzelnen Parzellen wurden ein ungedüngter Streifen in der Breite von einem ½ m freigehalten.

3. Qualitätsbeschreibung des Klärschlammes

Da es sich bei den Versuchsklärschlämmen nicht um entwässerte Klärschlämme handelte, lag der Trockensubstanzgehalt bei den vier Proben im Durchschnitt bei 3,2 %. Die im Klärschlamm vorhandenen Hauptnährstoffe könnten einen wesentlichen Düngeeffekt zeigen und wären somit bei einer entsprechenden Aufwandsmenge positiv zu beurteilen.

Von den Hauptnährstoffen: Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium konnten im Durchschnitt der untersuchten Klärschlammproben folgende Gehaltswerte festgestellt werden (siehe Tab. 1).

Tabelle 1  
Gehalte in kg (%) / 2500 kg TS

Gesamt-N	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
129 (5,2)	8,1 (0,3)	81 (3,2)	19 (0,8)	117 (4,7)	35 (1,4)

3.1 Schadstoffe im Klärschlamm

Der Klärschlamm enthält aber neben den erwähnten Hauptnährstoffen auch Schwermetalle wie Zink, Kupfer, Chrom, Kobalt, Nickel, Molybdän u. a. Ob eine Zufuhr dieser Schwermetalle in der vorliegenden Dosierung für die Pflanzenernährung nützlich ist, kann im Einzelfall nur durch eine Bodenuntersuchung ermittelt werden.

Die Schwermetalle Cadmium, Blei und Quecksilber besitzen jedoch keine ernährungsphysiologische Funktion. Sie können bereits in sehr geringer Konzentration Gesundheit und Ertrag der Pflanzen beeinflussen und in Folge auch die Gesundheit von Mensch und Tier.

Um eventuelle Schadstoffwirkung des Klärschlammes auszuschließen, sind Grenzwerte für Schwermetalle vorgegeben (vgl. Tab. 2).

Tabelle 2

*Schwermetallgehalte im Durchschnitt der vier Klärschlammproben in Vergleich zu den Schwermetallgrenzwerten für KS (mg/kg Trockensubstanz)*

Metall	Schwermetallgehalte der vier KS-Prb.	Klärschlammgrenzwerte
Zink	1420	2000
Kupfer	159	500
Chrom	58	500
Blei	107	500
Kobalt	6,9	100
Nickel	53	100
Molybdän	14,3	20
Cadmium	1,7	10
Quecksilber	1,8	10

Die Durchschnittswerte der Schwermetallgehalte in den vier Klärschlammproben lagen bei allen untersuchten Elementen unter den für Österreich bestehenden Grenzwerten.

### 3.2 Klärschlammhygiene

Die Untersuchung erfolgte durch das Hygiene-Institut der Universität Graz auf Salmonellen und Nematoden-Eier. Salmonellen wurden dabei nicht nachgewiesen, Nematoden-Eier hingegen schon.

Nach Köck (1988) enthält Klärschlamm krankheitserregende Organismen wie Bakterien, Viren, Eier, Larven und Pilze. Diese können durch unsachgemäße Aufbringung auf ldw. Nutzflächen Krankheiten verursachen. Bereits 1985 haben EDER et al. nachgewiesen, daß eine Verbreitung von Krankheitskeimen und Parasiten durch Klärschlamm auf Dauerwiesen eher gering ist.

## 4. Beschlämmung der Versuchsfelder auf Acker und Grünland

Laut Steierm. Klärschlammverordnung darf die Klärschlamm-Trockensubstanzmenge auf Grünland 1,25 t/ha/Jahr und auf Acker 2,5 t/ha/Jahr betragen. Um differenzierte Ergebnisse im Boden und in der Pflanze (Silomais und Grünland) zu erhalten, wurden die Klärschlammversuche in drei Steigerungsstufen ausgeführt.

Die Parzelle eins (1) erhielt die gesetzlich vorgeschriebene Klärschlamm-Trockensubstanzmenge, die Parzelle zwei (2) die doppelte und die Parzelle drei (3) die dreifache

Tabelle 3

*Ausgebrachte Schwermetallfrachten auf dem Ackerstandort in den Jahren 1988 und 1989 im Vergleich zu den Grenzwerten der Steierm. Klärschlammverordnung in g/ha/Jahr*

Metall	1988			1989			Grenzwerte
	1. St.	2. St.	3. St.	1. St.	2. St.	3. St.	
Zink	2800	5600	8400	4100	8200	12300	5000
Kupfer	380	760	1140	380	760	1140	1250
Chrom	107	214	321	190	380	570	1250
Blei	280	560	840	260	520	780	1250
Kobalt	8	16	24	22	44	66	250
Nickel	112	224	336	160	320	480	250
Molybdän	34	68	102	38	76	114	50
Cadmium	4	8	12	4	8	12	25
Quecksilber	7	14	21	4	8	12	25

Menge. Durch diese Versuchsanlage konnte im Boden und in der Pflanze eine Schadstoffkontamination erreicht werden, die nach der zulässigen Ausbringungsmenge in der 2. Steigerungsstufe erst nach vier Jahren und in der 3. Steigerungsstufe sogar erst nach sechs Jahren erzielt werden würde.

Die Beschlämmung auf dem Ackerstandort erfolgte im Frühjahr. Die dabei ausgebrachten Schwermetallfrachten sind in Tabelle 3 ersichtlich.

Auf dem Grünlandstandort wurde jeweils Klärschlamm im Herbst ausgebracht. Die Schwermetallfrachten auf Grünland sind aus Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4

*Ausgebrachte Schwermetallfrachten auf dem Grünland in den Jahren 1988 und 1989 im Vergleich zu den Grenzwerten der Steierm. Klärschlammverordnung in g/ha/Jahr*

Metall	1988			1989			Grenzwerte
	1. St.	2. St.	3. St.	1. St.	2. St.	3. St.	
Zink	1100	2200	3300	2550	5100	7650	2500
Kupfer	175	350	525	235	470	705	625
Chrom	58	116	174	81	162	243	625
Blei	110	220	330	155	310	465	625
Kobalt	8	17	25	11	22	33	125
Nickel	58	116	174	71	142	213	125
Molybdän	13	27	40	22	44	66	25
Cadmium	2	4	6	2	5	7	12,5
Quecksilber	3	7	10	1	2	3	12,5

## 5. Proben im Gelände

### 5.1 Bodenprobenentnahme

Die Bodenproben wurden mit dem Bohrstock entnommen, wobei der Grünlandstandort in fünf und der Ackerstandort in sechs Horizonte eingeteilt wurde.

Grund dafür ist die unterschiedliche Horizontabfolge in den Bodenprofilen der beiden Standorte, die auch in den kurzgefaßten Profilbeschreibungen (vgl. Punkt 2) ersichtlich ist; eine genaue Profilbeschreibung möge der Originalarbeit (HYLL 1991) entnommen werden.

### 5.2 Entnahme der Silomais- und der Grünlandproben

Da die Maispflanze als Ganzes verfüttert wird, wurden als Proben die ganzen Pflanzen genommen. Vom Grünland wurden vom 1. Schnitt Proben entnommen.

### 5.3 Laboruntersuchungen

Alle Untersuchungen, sowohl die Boden- als auch die Pflanzenanalysen, erfolgten in der Landw. chem. Landesversuchs- und Untersuchungsanstalt in Graz nach den Methoden der Arbeitsgemeinschaft landw. Versuchsanstalten in Österreich (ALVA).

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Einflüsse der Beschlämmung auf den Boden

Die meisten Inhaltsstoffe im Klärschlamm wanderten in tiefere Bodenschichten ab. Die Abwärtsbewegung wird vom Durchlässigkeitsgrad, von den Redoxbedingungen, vom pH-Wert des Bodens und vom Gesamtgehalt der Elemente beeinflusst.

Die Verfrachtung von Stickstoff in tiefere Horizonte erfolgt vor allem als Nitrat. So wurde am Ackerstandort in der Bodentiefe von 25 bis 70 cm der Nitratgehalt von 6,8 mg/kg Fb auf 13,2 mg/kg Fb erhöht. Am Grünlandstandort war in der Bodentiefe von 35 bis 55 cm ein Nitratanstieg von 4,4 mg/kg Fb auf 8,2 mg/kg Fb zu verzeichnen.

Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1984) ist Blei und Quecksilber im Boden sehr immobil. Auch Phosphor wird kaum von der Tiefenverlagerung betroffen, da er im Boden fast nicht beweglich ist.

## 6.2 Einflüsse der Beschlämmung auf den Pflanzenbestand

Bevor auf schwermetallbelasteten Böden Krankheiten an Pflanzen sichtbar werden bzw. überhaupt das Pflanzenwachstum gestört wird, kommt es in den Pflanzen zu einer Anreicherung der Schwermetalle. Alle Schwermetalle, die keine Ernährungsfunktion in der Pflanze aufweisen, verhalten sich indifferent. Erst größere Mengen greifen in physiologische Vorgänge ein und verursachen spezifische Krankheiten in der Pflanze.

Allgemein nehmen nach GUPTA und HÄNI (1978) Dikotyledonen (Zweikeimblättrige) bei gleichen Bodengehalten mehr an Schwermetallen auf als Monokotyledonen (Einkeimblättrige).

Die ertragssteigernde Wirkung, sowohl bei Silomais als auch bei Grünland, konnte durch die Beschlämmung eindeutig nachgewiesen werden.

Der Grünmasseertrag vom Silomais ist in Tabelle 5 und vom Weidefutter, 1. Schnitt, in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 5

*Silomaisertrag (Grünmasse) in den Jahren 1988 und 1989 in dt/ha*

Jahr	O-Parz.	1. Steig.	2. Steig.	3. Steig.
1988	512	544	624	720
1989	500	534	600	631

Tabelle 6

*Grünmasseertrag (Weidefutter, 1. Schnitt) in den Jahren 1989 und 1990 in dt/ha*

Jahr	O-Parz.	1. Steig.	2. Steig.	3. Steig.
1989	142	152	163	217
1990	170	177	194	204

Auf dem Grünlandstandort konnte auch eine Veränderung in pflanzensoziologischer Hinsicht bei Gräsern, Leguminosen und Kräutern beobachtet werden. Der Pflanzenbestand hat sich in beiden Versuchsjahren zugunsten des Gräserbestandes verändert (siehe Tab. 7).

Tabelle 7

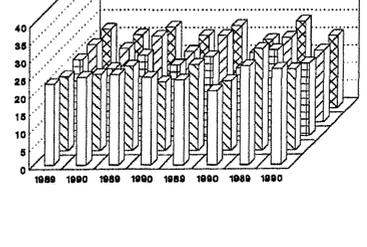
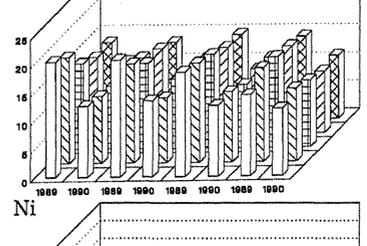
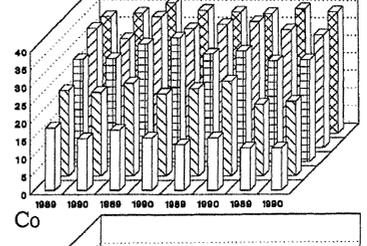
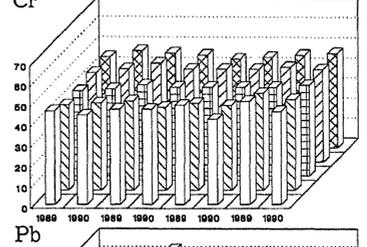
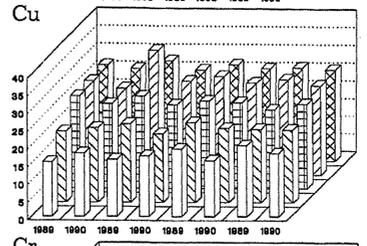
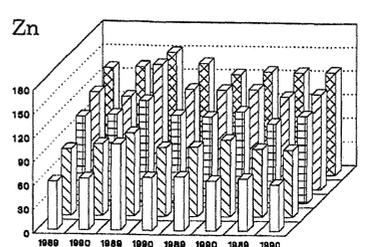
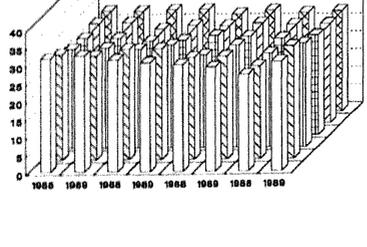
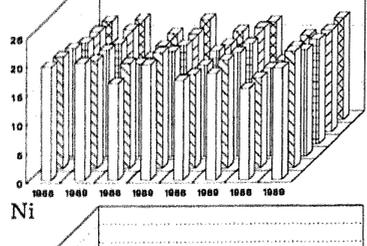
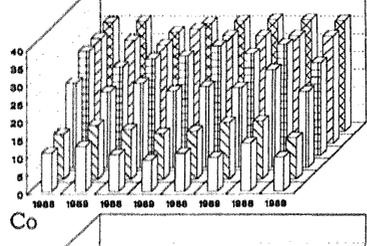
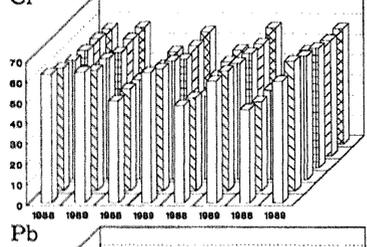
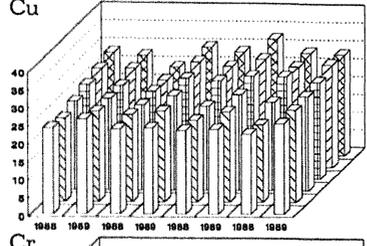
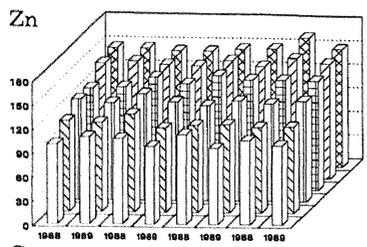
*Veränderung des Pflanzenbestandes auf Grünland durch Beschlämmung mit Klärschlamm in den Jahren 1989 und 1990 in Gewichts-%*

Pflanzenbestand	O-Parz.		1. Steig.		2. Steig.		3. Steig.	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Gräser	61	64	78	76	82	80	89	84
Leguminosen	4	4	3	4	3	3	—	1
Kräuter	35	32	19	20	15	17	11	15

## 7. Diskussion und Ausblick

Auf dem Ackerstandort war im Boden eine Anreicherung bei Zn, Cu, Pb und Cd feststellbar. Bei Cr, Co, Ni, Mo und Hg konnte gegenüber der O-Parzelle keine Erhöhung wahrgenommen werden (siehe Abb. 1).

Auf dem Grünlandstandort gab es im Boden bei Pb und Hg höhere Schwermetallkonzentrationen. Bei Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Mo und Cd waren die Gehalte im Vergleich zur O-Parzelle nicht erhöht (siehe Abb. 2).



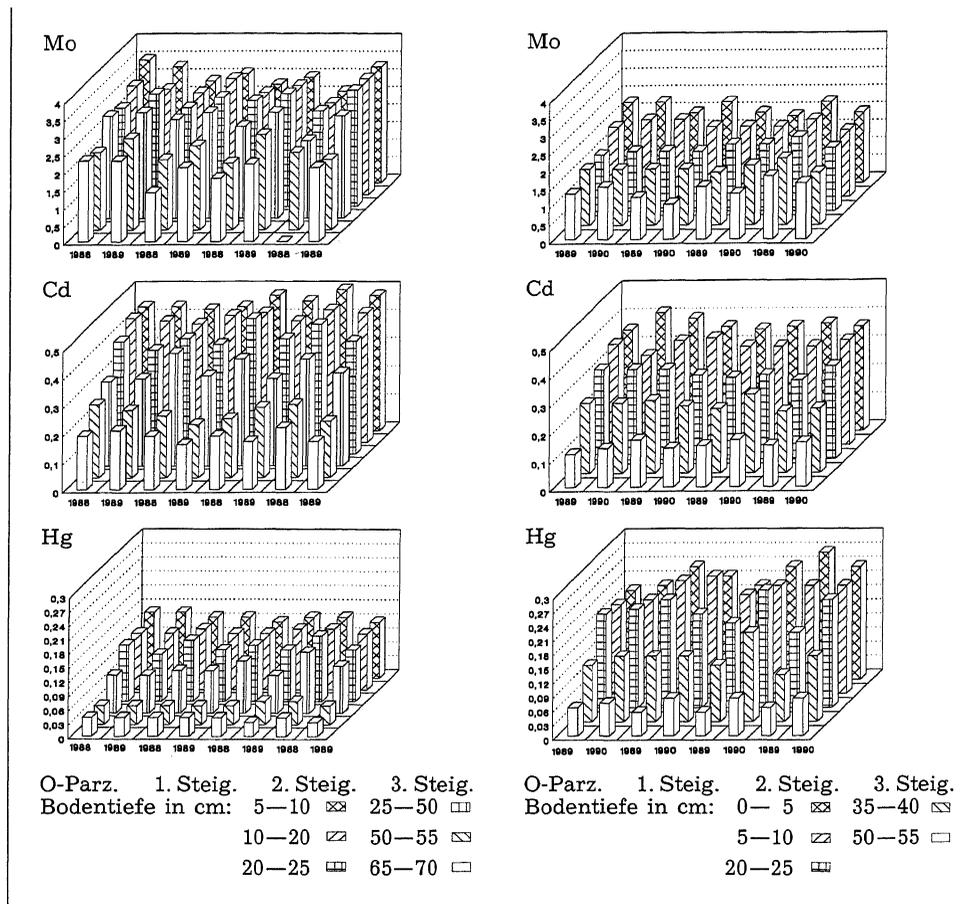


Abb. 1: Ackerstandort; Schwermetallgehalte (mg/kg Fb) in unterschiedlichen Bodentiefen in den Jahren 1988 und 1989

Abb. 2: Grünlandstandort; Schwermetallgehalte (mg/kg Fb) in unterschiedlichen Bodentiefen in den Jahren 1989 und 1990

Tabelle 8

Durchschnittliche Gehalte an Schwermetallen auf dem Ackerstandort (Bodentiefe 0—25 cm) und auf dem Grünlandstandort (Bodentiefe 0—10 cm) im Vergleich zu den Richtwerten nach KLOKE (1980) in mg/kg Fb (%)

Element	tolerierbarer maximaler Wert	Acker		3. Steigerung		Grünland			
		1988	%	1989	%	1989	%	1990	%
Zn	300	151,0	50,3	144,0	48,0	122,0	40,6	125,0	41,6
Cu	100	28,5	28,5	28,1	28,1	26,5	26,5	25,5	25,5
Cr	100	44,0	44,0	58,0	58,0	46,5	46,5	46,5	46,5
Pb	100	30,9	30,9	29,2	29,2	34,3	34,3	33,7	33,7
Co	50	14,7	29,4	18,0	36,0	15,0	30,0	11,1	22,2
Ni	50	27,6	55,2	28,1	56,2	24,3	48,6	20,5	41,0
Mo	5	2,6	52,0	3,3	66,0	2,2	44,0	2,0	40,0
Cd	3	0,48	16,0	0,45	15,0	0,36	12,0	0,37	12,3
Hg	2	0,13	6,5	0,12	6,0	0,25	12,5	0,23	11,5

Die zweijährigen Versuche zeigen, daß die Richtwerte für Schwermetalle nach KLOKE (1980) sogar in der 3. Steigerungsstufe weder am Acker- noch am Grünlandstandort erreicht wurden (Tab. 8). Auch die Pflanzen (Silomais und Grünland) wurden durch die ausgebrachten Schwermetallfrachten nicht allzusehr beeinflußt. Die Gehalte bewegen sich unter den von SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) angeführten Grenzwerten (vgl. Tab. 9 und 10).

Tabelle 9

*Gehalte an Schwermetallen in den Silomaispflanzen (gesamt) in den Jahren 1988 und 1989 zu den Normalgehalten von Schwermetallen in Pflanzen nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) in mg/kg TS*

Metall	O-Parzelle		1. Steig.		2. Steig.		3. Steig.		Normalgehalte		
	1988	1989	1988	1989	1988	1989	1988	1989			
Zn	17,6	32,0	19,9	33,2	21,3	37,5	24,8	38,8	10	—100	
Cu	11,0	12,6	11,0	13,5	11,1	12,5	10,5	12,8	3	— 30	
Cr	1,1	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	1,2	0,9	0,1	— 1	
Pb	2,2	1,5	2,2	1,4	2,3	1,3	3,0	1,7	0,1	— 6	
Co	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	0,4	0,4	0,6			
Ni	0,6	0,9	0,3	1,3	0,4	0,9	0,4	0,8			
Mo	0,6	1,1	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	0,2	— 3	
Cd	0,06	0,08	0,05	0,09	0,06	0,08	0,06	0,09	0,05	— 0,4	
Hg			nicht nachweisbar, d. s. weniger als 0,005								— 0,04

Da durch Klärschlammgaben eine stete Anreicherung von Schadstoffen stattfindet, ist eine Ausbringung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen nur unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften gerechtfertigt. Eine unkontrollierte Ausbringung muß auf jeden Fall vermieden werden.

Bei der praktischen Durchführung der Beschlämmung auf den Versuchspartellen waren Probleme bezüglich Homogenität festzustellen. Um eine gleichmäßige Verteilung der Trockensubstanz im Klärschlamm zu erreichen, soll die Ausbringung von flüssigem Klärschlamm nur in einem Güllefaß mit Rührwerk erfolgen. Eine bodenschonende und exakte Ausbringung ist aber nur mit gepreßtem Klärschlamm mittels Düngerstreuer erreichbar.

Tabelle 10

*Gehalte an Schwermetallen im Grünland, 1. Schnitt, in den Jahren 1989 und 1990 zu den Normalgehalten von Schwermetallen in Pflanzen nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) in mg/kg TS*

Metall	O-Parzelle		1. Steig.		2. Steig.		3. Steig.		Normalgehalte		
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990			
Zn	31,9	36,5	35,6	42,0	34,9	42,7	42,0	45,2	10	—100	
Cu	9,5	14,7	8,8	13,9	10,5	12,7	11,7	12,3	3	— 30	
Cr	0,18	0,36	0,28	0,34	0,30	0,39	0,55	0,33	0,1	— 1	
Pb	2,4	1,2	3,1	0,88	2,2	0,93	2,5	0,76	0,1	— 6	
Co	0,25	0,76	0,22	0,43	0,18	0,32	0,38	0,27			
Ni	0,19	0,97	0,60	1,46	0,54	0,81	0,67	1,29			
Mo	1,88	1,46	2,04	1,68	2,20	1,43	2,56	1,19	0,2	— 3	
Cd	0,06	0,02	0,05	0,03	0,05	0,02	0,06	0,04	0,05	— 0,4	
Hg			nicht nachweisbar, d. s. weniger als 0,005								— 0,04

Durch die genaueste Befolgung der im Gesetz vorgeschriebenen Ausbringungszeiten (Grünland nach der letzten Futterernte im Herbst und Acker vor dem Eggen im Frühjahr) war es in beiden Versuchsjahren möglich, die notwen-

digen hygienischen Gesichtspunkte weitestgehend zu berücksichtigen. Es ist festzuhalten, daß durch Klärschlamm gegenüber der O-Parzelle auf Acker keine vermehrte Verunkrautung wahrgenommen wurde. Auf Grünland ist in den drei Steigerungsstufen überhaupt keine Verunkrautung aufgetreten.

Von den in der Bodenempfindlichkeitskarte von NELHIEBEL und EISENHUT (1986, 1989) angeführten Parametern wie: pH-Wert, Tongehalte, Versickerungsintensität sind einige der wichtigsten Kennzahlen, um kurz- bis mittelfristig negative Auswirkungen auf Boden, Pflanze, Grundwasser und in weiterer Folge auf Mensch und Tier zu vermeiden. Solange die Schadstoffgehalte im Klärschlamm nicht reduziert werden, darf Klärschlamm für die landwirtschaftliche Produktion nur bedingt in Verwendung kommen. Es darf aber nicht übersehen werden, daß bei Nichtverwertung des Klärschlammes auch wertvolle organische und mineralische Stoffe verloren gehen. Nur eine laufende Qualitätssteigerung des Klärschlammes sowie genaueste und strengste Einhaltung der Steiermärkischen Klärschlammverordnung läßt eine mehrjährige landwirtschaftliche Verwertung als unbedenklich erscheinen. Dazu ist unbedingt eine verstärkte Aufklärung in der Bevölkerung anzustreben. Die Industrie müßte ihre Schadstoffe in den Abwässern besser abpuffern bzw. überhaupt eliminieren, um die Klärschlammqualität zu verbessern.

Die vorliegenden umfassenden zweijährigen Versuchsergebnisse am Acker und am Grünland lassen nach den derzeitigen Gesetzen und Verordnungen auf den Versuchsstandorten des Mürztales (Grünlandstandort Mürzhofen, Ackerstandort St. Lorenzen) kurz- bis mittelfristig keine negativen Auswirkungen auf Boden, Tier und Mensch schließen.

#### Literatur

- EDER, G., M. KÖCK und G. SCHECHTNER, 1985: Klärschlammhygiene am Grünland. Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung, 10. Seminar. Veröff. der Landwirtschaftlich-chemischen BVA Linz, Bd. 17, 81–86.
- GUPTA, S. K. und H. HÄNI, 1978: Form und Wirksamkeit von Klärschlammphosphat. Bull. Bodenk. Ges. der Schweiz, Heft 2, 24–31.
- HYLL, A., 1991: Wirkungen unterschiedlicher Klärschlammgaben auf Böden und Pflanzenbestand eines Acker- und eines Grünlandstandortes im unteren Mürztal (Mürzhofen und St. Lorenzen in der Stmk.). Diss. an der Universität für Bodenkultur, Wien, 285 S.
- KLOKE, A., 1980: Richtwerte '80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. VDLUFA, Heft 1–3, 9–11.
- KÖCK, M., 1988: Epidemiologische Bedeutung des Klärschlammes für die Übertragung von Zoonosen. S.-Heft „Klärschlamm“ d. Inform-Zentrale für Umweltschutz, Graz.
- NELHIEBEL, P. und M. EISENHUT, 1986, 1989: Die Bodenempfindlichkeitskarte — ein Beitrag zum Umweltschutz. Österr. Geolog. Ges., Bd. 79 und revid. Neufassung. Wien.
- NEUHOLD, M., 1992: Umdenken in der Wasserwirtschaft. Die Steirische Wochenpost, Nr. 47, Seite 4, Graz.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1984: Lehrbuch der Bodenkunde. 11., neu bearbeitete Auflage. Ferdinand Enke, Stuttgart, 442 Seiten.
- TOMEK, H., 1992: Abwasserreinigung und Klärschlamm Entsorgung in Österreich. Der Förderungsdienst, SB 4, Seite 16, Wien.

(Manuskript eingelangt am 4. Dezember 1992, angenommen am 25. Mai 1993)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Dr. Arnold HYLL, Schimpelhofstraße 5, A-8605 Kapfenberg, und Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Othmar NESTROY, Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie der TU Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz