

Die chemische Zusammensetzung von Dränwassern aus mit Klärschlamm oder Müllkompost behandelten Böden

Von S. DE HAAN^{*)}

Eingegangen am 24. 8. 1979

Einleitung

Der Bauer kann der Besitzer des von ihm bewirtschafteten Bodens sein, aber er ist nicht der Besitzer des Wassers in diesem Boden, denn das Wasser hat keinen Eigentümer. Wie die Sonne als Energiequelle des irdischen Lebens umsonst scheint, fällt auch das Wasser umsonst vom Himmel. Der Bauer kann es nutzen, solange es sich in seinem Boden befindet, sollte den Boden aber so bewirtschaften, daß das Wasser auch für andere Zwecke, z. B. als Rohstoff für die Trinkwassergewinnung, brauchbar bleibt.

Das Wasser fällt heute, jedenfalls in dichtbesiedelten Wohn- und Industriegebieten, nicht mehr ganz unbeschmutzt vom Himmel. Im Oberboden findet im allgemeinen eine weitere Verunreinigung statt, auch in den meisten Naturgebieten. Ohne menschliches Eingreifen wäre die ganze niederländisch-nordwestdeutsche Tiefebene ein riesiges Moor-gebiet mit von Humusstoffen oder Eisen braun bzw. rot gefärbtem Grundwasser. Abtorfung und Inkulturnahme für landwirtschaftliche Zwecke kann dann zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität führen.

Unter Umständen kann es auch bei landwirtschaftlicher Bodennutzung zu einer stärkeren Verunreinigung des Grundwassers kommen, z. B. wenn organische Düngemittel aus der Viehhaltung in größeren Mengen anfallen, als im eigenen Betrieb sinnvoll verwertet werden können. Oder wenn Siedlungsabfälle in großen Mengen verwendet werden, weil sie preisgünstig, vielleicht sogar zu negativen Preisen, angeboten werden. Wenn landwirtschaftliche Absatzmöglichkeiten fehlen, kann es notwendig werden Siedlungsabfälle als Böden zu verwenden.

Dieses Referat befaßt sich mit der chemischen Zusammensetzung von Dränwasser aus Klärschlamm (KS) und Müllkompost (MK) als Substrat für Pflanzenbau im Vergleich zu normalen Böden, sowie aus KS- und MK-Bodenmischungen und einem mit Flüssig-schlamm behandelten Boden.

Durchführung der Versuche

Seit 1972 laufen an unserem Institut Versuche mit folgenden Pflanzsubstraten in 140-Litergefäßen (Tiefe 70 cm; Durchmesser 50 cm) mit Auffangmöglichkeit für Dränwasser.

1. Sechs vorgetrocknete Klärschlämme (KSe) im Vergleich zu einem Sandboden und einem schweren Tonboden. Die KSe unterscheiden sich stark in ihrer chemischen Zusammensetzung und besonders in ihren Schwermetallgehalten und dasselbe gilt auch für die Böden (s. Tab. 1). Die KSe hatten vor dem Einfüllen eine Reifezeit hinter sich auf Trockenbeeten (Assen, Heerlén, Leeuwarden, Leiden) oder, im Falle mechanischer Entwässerung, an Mieten (Apeldoorn, Eindhoven). Trotz Unterschieden im Reifestadium waren sie pflanzenverträglich, es sei denn, daß Schwermetalle das Pflanzenwachstum hinderten (KS Leiden).
2. Mischungen aus einem KS aus Abwasser vorwiegend häuslicher Herkunft (Leeuwarden) mit dem sub 1 genannten Sand- und Tonboden in folgenden Volumenverhältnissen: 100/0, 95/5, 90/10, 80/20, 60/40, 30/70, 0/100.

^{*)} Ir. S. DE HAAN, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Postbus 30003, 9750 RA Haren (Gr.), Nederland.

Tab. 1

Die chemische Zusammensetzung von Böden, Klärschlämmen und Müllkompost,
Gehalte bezogen auf Trockensubstanz
Chemical composition of soils, sewage sludges and town refuse compost,
Contents in % or ppm of dry matter

	Sandboden sandy soil	Tonboden clay soil	Klärschlämme *) sewage sludges *)	Müllkompost town refuse compost
<i>%</i>				
organische Substanz	3,35	3,18	23,30 - 67,40	32,10
Stickstoff (N)	0,09	0,19	0,72 - 5,09	0,88
Phosphor (P)	0,04	0,07	0,64 - 2,79	0,24
Kali (K)	0,05	0,78	0,05 - 0,28	0,29
Kalk (Ca)	0,05	0,34	0,52 - 6,00	1,29
Magnesium (Mg)	0,02	0,55	0,15 - 0,40	0,17
Natrium (Na)	0,02	0,06	0,02 - 0,35	0,26
Chlor (Cl)	0,01	0,01	0,01 - 0,88	0,15
<i>ppm</i>				
Arsen (As)	2,0	11,6	5,8 - 45,9	4,0
Cadmium (Cd)	0,3	1,1	2,5 - 168	2,0
Chrom (Cr)	19	69	83 - 1693	157
Kupfer (Cu)	2	77	197 - 3422	618
<i>%</i>				
Eisen (Fe)	0,23	3,64	1,16 - 5,42	5,76
<i>ppm</i>				
Quecksilber (Hg)	0,1	0,1	3,1 - 27,5	3,0
Mangan (Mn)	67	1024	124 - 1275	622
Nickel (Ni)	8	42	22 - 934	79
Blei (Pb)	17	56	195 - 1874	1208
Zink (Zn)	14	151	931 - 5533	2262

*) Für die einzelnen KSe wird verwiesen nach DE HAAN (1978).
For separate sewage sludges see DE HAAN (1978).

- Mischungen aus Müllkompost der N.V. Vuilafvoermaatschappij (VAM; die VAM ist nahezu die einzige MK-Produzentin in den Niederlanden mit einer Jahresproduktion von etwa 100.000 Tonnen) mit dem sub 1 genannten Sand- und Tonboden in folgenden Volumenverhältnissen: 100/0, 90/0, 80/20, 50/50 und 0/100.
- Der jährlich mit Flüssigschlamm aus den Städten Almelo und Alkmaar in Mengen von 0, 7 1/2, 15 und 22 1/2 t TS/ha behandelte sub 1 genannte Sandboden, der sowohl als Ackerland wie als Grünland genutzt wird. In diesem Fall wird der KS durch eine 20 cm dicke Krume gemischt bzw. auf die Narbe gegeben.

Zum Auffangen des Dränwassers ist auf dem Boden der Gefäße eine vom Pflanzsubstrat durch ein Nylontuch getrennte 5 cm dicke Kiesschicht angebracht worden, sowie eine Abflußröhre, die in eine 2-Liter-Polyethylenflasche ausmündet (s. Abb. 1). Wenn die Flasche voll ist, wird eine 200-ml-Probe herausgenommen und in einem Kühlschranks aufbewahrt bis zur Analyse, die periodisch stattfindet. Bis jetzt sind Proben der folgenden Perioden analysiert worden: April - Sept. 1972 (1), Sept. 1972 - April 1973 (2), April - Dez. 1973 (3), Jan. - Juni 1975 (4), Juni - Dez. 1975 (5), Jan. - Dez. 1976 (6), Jan. - Juni 1977 (7) und Juni - Dez. 1977 (8). Im Jahre 1974 fanden keine Analysen statt weil die Geldmittel fehlten.

Die Analysen wurden durchgeführt im Zentrallaboratorium unseres Instituts für die Perioden 1, 2, 3, 6 und 7 und im „Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek“ in Oosterbeek

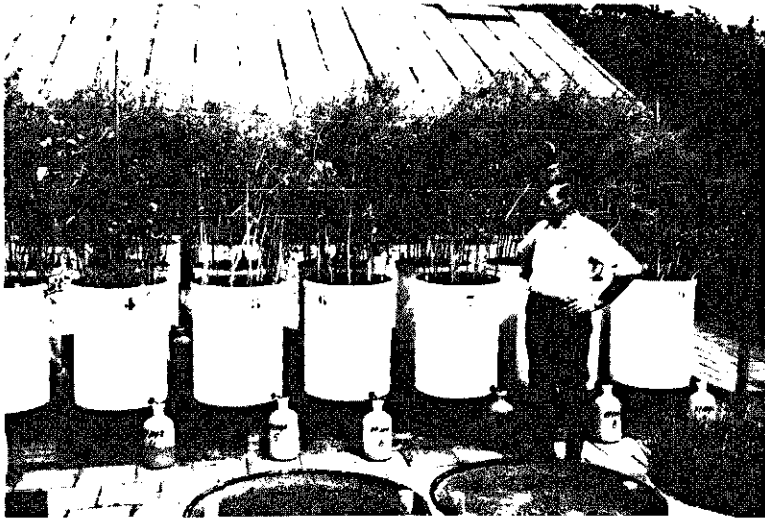


Abb.1

Untersuchung von Klärschlamm als Dünge- oder Bodenverbesserungsmittel in Eternitgefäßen mit einem Inhalt von 140 Liter und mit Möglichkeit zum Auffangen von Dränwasser

Experiments with sewage sludge as fertilizer or soil amendment in vessels with a content of 140 litres and with the possibility to catch drainage water

für die Perioden 4, 5 und 8. Beide Laboratorien arbeiten nach denselben Methoden. Einzelheiten dazu können dem interessierten Leser auf Nachfrage mitgeteilt werden.

Bestimmt wurden der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) als Maß für die organische Verunreinigung, die elektrische Leitfähigkeit (EC) als Maß für die gesamte anorganische Verunreinigung, das pH und die Gehalte an folgenden Einzelelementen: N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, S, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb und Zn. Das pH und die Gehalte an S, As, B, Co, Hg und Mo wurden nur in der zweiten Hälfte der behandelten Versuchsperiode bestimmt.

V Versuchsergebnisse

Die chemische Zusammensetzung vom Dränwasser aus den unbehandelten Böden

Weil die unbehandelten Böden in allen Versuchen die gleichen waren, werden die Werte für die chemische Zusammensetzung des Dränwassers aus ihnen hier zuerst gegeben, damit sie später nicht immer wieder von neuem in den Tabellen aufgeführt zu werden brauchen. Tabelle 2 gibt Mittelwerte für die gesamte Versuchsperiode mit zum Vergleich auch Werte für das Niederschlagswasser, die aus verschiedenen Quellen (u. a. BRINKMANN, 1978) zusammengestellt worden sind und als vorläufig betrachtet werden müssen. Die Niederschlagsmenge beläuft sich in den Niederlanden auf etwa 700 mm/Jahr, die Dränwassermenge auf etwa 300 mm/Jahr. In unseren Versuchen war die Dränwassermenge im Durchschnitt der Jahre für den Sandboden 310 und für den Tonboden 325 mm. In unseren Versuchen wurde aber in Trockenperioden zusätzlich Wasser gegeben. Die Gehalte an Dränwasser werden selbstverständlich von der Dränwassermenge beeinflusst. Die Unterschiede in der Dränwassermenge waren aber in unseren Versuchen relativ klein.

Zu den Werten aus Tabelle 2 kann im allgemeinen gesagt werden, daß sie für die Böden am Anfang der behandelten Versuchsperiode meistens höher waren als am Ende.

Tab. 2

Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus einem leichten Sandboden und einem schweren Tonboden und von Regenwasser

Chemical composition of drainage water from a light sandy and a heavy clay soil in comparison to rain water

	Dränwasser (drainage water)		Regenwasser (rain water)
	Sandboden (sandy soil)	Tonboden (clay soil)	
<i>mg O₂/Liter</i>			
CSB (COD)	60	45	?
EC μ S/cm	500	500	100
pH	6,9	7,3	5,4
<i>mg/Liter</i>			
N	20	20	2
P	0,14	0,12	0,20
K	2,5	2,0	0,5
Ca	90	100	2
Mg	6	9	0,8
Na	7	10	3
Cl	20	14	5
S	50	40	2
<i>μg/Liter</i>			
As	< 10	10	1
B	50	80	?
Cd	< 1	< 1	1
Co	1	1	1
Cr	10	20	2
Cu	30	30	15
Fe	100	150	200
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	90	30	50
Mo	10	10	?
Ni	10	10	10
Pb	2	1	25
Zn	50	20	120

Die Böden sind vor dem Einfüllen längere Zeit in trockenem Zustand aufbewahrt worden, und das kann verstärkte Umsetzungen nach dem Einfüllen und Wiederbefeuchten zufolge gehabt haben.

CSB-Werte von 45 bis 60 sind für normales Grundwasser reichlich hoch. Ein CSB-Wert von 50 bedeutet ein chemischer Sauerstoffbedarf von etwa 150 kg/ha. Das entspricht dem CSB der Abwassermenge von etwa 7 Einwohnern (Einwohnergleichwerte) pro Jahr, wobei zu bemerken ist, daß der biologisch abbaubare Teil im Grundwasser meistens geringer ist als im Abwasser. Für die elektrische Leitfähigkeit (EC-Werte) sind an erster Stelle Ca, Mg und Na als positive und N (NO₃), Cl und S (SO₄) als negative Ionen verantwortlich. Die Gehalte an Mikroelementen sind sehr niedrig. Die Unterschiede zwischen den Böden sind für das Dränwasser gering.

Im Niederschlagswasser sind die Gehalte im allgemeinen niedriger als im Dränwasser. Eine Ausnahme bilden P, Fe, Pb und Zn und mengenmäßig ist im Niederschlagswasser auch mehr Cu, Mn, und Ni vorhanden. Ein Gehalt von 1 mg/l bedeutet im Dränwasser

etwa 3 und im Niederschlagswasser etwa 7 kg/ha Jahr. Das pH des Niederschlagswassers ist relativ niedrig. Zeitlich und örtlich können pH-Werte von 4 und niedriger vorkommen.

Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus Klärschlämmen und Müllkompost bei Verwendung als Kulturböden

Tabelle 3 gibt für diese Substrate Werte für das erste und letzte Versuchsjahr (Mittelwerte für die 1. und 2. bzw. 7. und 8. Versuchsperiode). Aus der Tabelle geht hervor, daß im ersten Jahr die Werte für die KSe im Vergleich zu den Böden (Tabelle 2) im allgemeinen stark erhöht waren, jedoch mit großen Unterschieden zwischen den Schläm-

Tab. 3
Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus als Pflanzensubstrat verwendeten Klärschlämmen und Müllkompost im ersten und letzten Jahr der behandelten Versuchsperiode (1972/1977)
Chemical composition of drainage water from sewage sludges and town refuse compost, used as plant substrates, in the first and last year of the experimental period described (1972/1977)

	Klärschlämme (sewage sludges)		Müllkompost (town refuse compost)	
	erstes Jahr (first year)	letztes Jahr (last year)	erstes Jahr (first year)	letztes Jahr (last year)
<i>mg O₂/Liter</i>				
CSB (COD)	850 - 15200	140 - 270	1600	150
EC μ S/cm	10400 - 16900	1850 - 2760	10900	1060
pH	n. b. *)	6,0 - 7,3	n. b. *)	7,7
<i>mg/Liter</i>				
N	820 - 2250	90 - 240	130	45
P	2,1 - 43,7	0,4 - 97,3	1,5	0,05
K	52 - 290	0,8 - 27	1050	2,1
Ca	1440 - 2520	680 - 960	560	260
Mg	150 - 490	5 - 42	210	34
Na	48 - 560	3 - 14	950	13
Cl	230 - 3830	7 - 13	1760	10
S	n. b. *)	260 - 460	n. b. *)	76
<i>μg/Liter</i>				
As	n. b. *)	10 - 150	n. b. *)	0
B	n. b. *)	240 - 420	n. b. *)	310
Cd	0 - 350	1 - 210	0	0
Co	n. b. *)	6 - 120	n. b. *)	1
Cr	195 - 1720	10 - 50	140	10
Cu	240 - 5530	88 - 460	230	170
Fe	40 - 38300	24 - 210	300	40
Hg	n. b. *)	< 0,1 - 2	n. b. *)	< 0,1
Mn	1670 - 10700	30 - 5630	1100	20
Mo	n. b. *)	30 - 3260	n. b. *)	20
Ni	67 - 9800	20 - 12400	160	25
Pb	< 5 - 47	< 5	25	< 5
Zn	100 - 5600	40 - 3900	320	120

*) n. b. = nicht bestimmt (not determined).

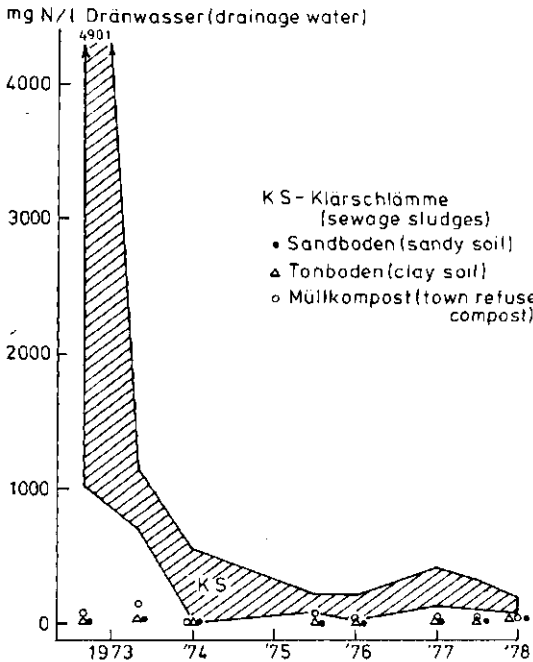


Abb. 2
 Gehalte an Stickstoff im Dränwasser im Verlauf der Versuchsperiode
 Contents of nitrogen in the drainage water in the course of the experimental period

men, besonders bei den Schwermetallen. Die Werte für die einzelnen Elemente waren im allgemeinen stark korreliert, sowohl mit den CSB- als mit den EC-Werten. Unterschiede in den CSB-Werten weisen auf Unterschiede im Reifezustand zwischen den Schlämmen hin. Hohe CSB-Werte können auf anaerobe Zustände hindeuten.

Bei den Schlämmen mit den höchsten CSB-Werten kam im ersten Jahr ein Teil des Stickstoffs im Dränwasser in ammoniakalischer Form vor, was auf Sauerstoffmangel, jedenfalls vorübergehend und in Teilen des Profils, hinweisen kann. Vom zweiten Jahr an wurden in verschiedenen Tiefen des Profils Sauerstoffmessungen durchgeführt. O₂-Mangel wurde dann nicht mehr festgestellt und der mineralische N kam vom zweiten Jahr an nur noch in der Nitratform vor. Anaerobe Zustände können bekanntlich eine bessere Löslichkeit von Fe- und Mn-Verbindungen zufolge haben, indem andere Schwermetalle (Cd, Zn) infolge Bildung von Sulfiden weniger löslich werden.

Im letzten (= sechsten) Jahr waren die meisten Werte im Vergleich zum ersten Jahr sehr viel niedriger geworden. Besonders in den ersten zwei Jahren sanken die Werte stark ab. Abbildung 2 zeigt das für den N-Gehalt. Die KSe sind in dieser Abbildung als eine Gesamtheit dargestellt worden.

Einige Schlämme bildeten für bestimmte Elemente eine Ausnahme von der Regel. Abbildung 3 zeigt das für den P-Gehalt, der bei zwei Schlämmen (Heerlen und Leiden) hoch blieb oder sogar im Laufe der Versuchsperiode noch zunahm. Das Dränwasser aus diesen Schlämmen reagierte schwach sauer. Wie P benahmten sich auch Cd, Co, Mn, Ni und Zn, aber nur wenn die Gehalte an diesen Elementen im KS hoch waren (Leiden). Der hohe Mo-Gehalt im Dränwasser war für den KS aus Eindhoven, der den hohen Mo-Gehalt kombinierte mit einem hohen pH-Wert des Dränwassers charakteristisch. Im Gegensatz zu den Metallen ist Mo, das im Boden als Anion vorkommt, bei höheren pH-Werten besser löslich als bei niedrigeren.

Der Müllkompost benahm sich als ein gut ausgereifter KS, jedoch mit niedrigen Gehalten an N und P im Dränwasser, aber am Anfang recht hohen Gehalten an K, Na und Cl.

Das Dränwasser aus den Mischungen von Boden und Klärschlamm bzw. Müllkompost

Als Beispiel gibt Abbildung 4 die Situation wieder für das Dränwasser aus den Tonboden-MK-Mischungen im ersten und sechsten Versuchsjahr. Die Werte sind hier ausgedrückt worden in den Werten für das Dränwasser aus dem Tonboden ohne MK, die = 1 gesetzt wurden. Die meisten Werte wurden durch MK im ersten Jahr stark erhöht, aber im sechsten Jahr viel weniger stark. Dabei ist eine gewisse Verschiebung zu verzeichnen von leichtlöslichen (K, Na, Cl) zu schwerlöslichen Elementen (Cu, Zn, Ni).

Die Linien sind in Abbildung 4 als Geraden gezogen worden, waren aber in Wirklichkeit nicht alle gerade. Die Linie für K z. B. verlief für den Tonboden infolge des K-Fixierungsvermögens dieses Boden deutlich konkav. Einen ähnlichen Verlauf zeigte für den Sandboden die P-Linie. Andere Linien (CSB, Cu) zeigten einen mehr konvexen Verlauf.

Von den untersuchten Mischungen sind vor allem die mit einem KS- bzw. MK-Anteil von 10 Vol. % interessant, weil sie nach dem jetzigen Stand unseres Wissens die Mengen vergegenwärtigen (Niederlande 200, Bundesrepublik Deutschland 300 t TS/ha), die auf längere Sicht (NL 100, D 60 Jahre) einem normalen Boden zugefügt werden können ohne Schaden für den Ertrag und/oder die chemische Zusammensetzung der Gewächse. Nicht beantwortet wurde bis jetzt die Frage nach den Konsequenzen einer derartigen Handlungsweise für die chemische Zusammensetzung des Dränwassers.

Die bestmögliche Antwort, die im Augenblick anhand von Ergebnissen aus diesen Versuchen auf diese Frage gegeben werden kann, findet man in Tabelle 4. Diese Tabelle

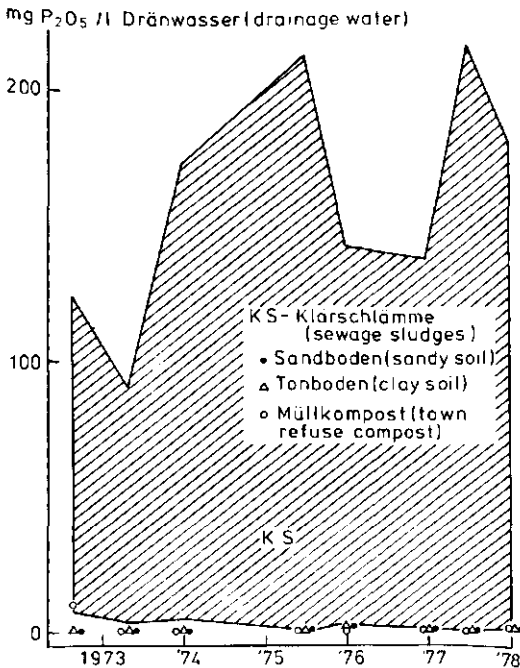


Abb. 3

Gehalte an Phosphor im Dränwasser im Verlauf der Versuchsperiode
Contents of Phosphorus in the drainage water in the course of the experimental period

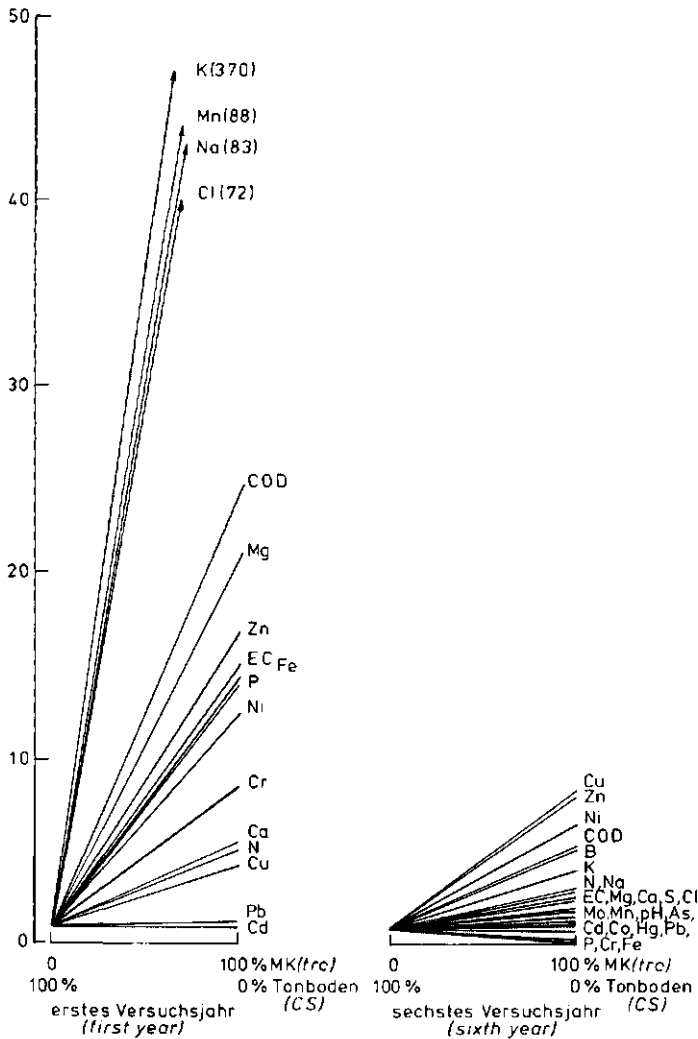


Abb. 4

Chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus Tonboden-MK-Mischungen, wenn die Werte für den Boden ohne MK = 1 gesetzt werden.

Chemical composition of drainage water from clay soil (cs) - town refuse compost (trc-mixtures if values for cs without trc are equal to 1

gibt die Werte für das sechste Versuchsjahr, also nachdem die Mischungen sechs Jahre als Substrat für Pflanzenbau gedient hatten. Die Situation ist natürlich nicht exakt die gleiche wie in der Praxis, wo sie erst im Laufe von Jahrzehnten zustande kommt.

Aus der Tabelle ist abzuleiten, daß durch KS besonders die Werte für CSB, EC, N, P, Ca, B, Cu und Zn erhöht worden sind. Im Vergleich zu den Werten für das Dränwasser aus unbehandelten Böden sind diese Werte zwei- bis dreimal so hoch. Dabei ist zu bedenken, daß die Werte aus Tabelle 2 Mittelwerte sind für die ganze Versuchs-

Tab. 4

*Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser
aus einem Sand- und einem Tonboden, die vor 6 Jahren zu 10 Vol. %
von vorgetrocknetem Klärschlamm bzw. Müllkompost ersetzt wurden*

*Chemical composition of drainage water
from a sandy soil and a clay soil, that have been treated 6 years ago with 10 Vol. %
of predried sewage sludges and town refuse compost*

	Sandboden (sandy soil)		Tonboden (clay soil)	
	Klärschlamm (sewage sludge)	Müllkompost (town refuse compost)	Klärschlamm (sewage sludge)	Müllkompost (town refuse compost)
<i>mg O₂/Liter</i>				
CSB (COD)	120	60	85	40
EC μ S/cm	630	480	875	470
pH	7,00	7,15	7,34	7,13
<i>mg/Liter</i>				
N	37	16	43	20
P	0,52	0,04	1,47	0,05
K	1,0	1,8	1,3	0,5
Ca	175	140	190	110
Mg	12	9	15	10
Na	5	5	2	11
Cl	5	7	8	8
S	80	60	70	40
<i>μg/Liter</i>				
As	0	0	5	5
B	50	115	140	90
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1
Co	2	1	3	< 1
Cr	< 10	< 10	< 10	< 10
Cu	70	35	70	30
Fe	70	80	50	120
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	20	10	20	< 10
Mo	20	10	10	< 10
Ni	7	10	6	5
Pb	< 5	< 5	< 5	< 5
Zn	65	50	50	15

periode, und daß die Werte für die unbehandelten Böden am Ende der Versuchsperiode im allgemeinen niedriger waren als am Anfang. Der Effekt von 10 Vol. % MK war im allgemeinen nur gering. Für einige Elemente (P, Mn) war sogar eine geringe Abnahme zu verzeichnen im Vergleich zu den Werten für unbehandelte Böden. Es muß davor gewarnt werden, geringen Unterschieden einen zu großen Wert beimessen zu wollen.

Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus dem mit Flüssigschlämmen aus Almelo und Alkmaar behandelten Sandboden

Die beiden Schlämme unterschieden sich in ihren Gehalten an den Schwermetallen Cd, Cr, Cu, Fe, Mn und Ni, die für den KS Almelo bedeutend höher waren als für den KS Alkmaar. Auch der N-Gehalt war im KS Almelo höher, aber der Ca-Gehalt niedriger.

Tab. 5

Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus einem als Ackerland bzw. Grünland genutzten Sandboden nach sechsjähriger Behandlung mit Flüssigschlamm aus Almelo bzw. Alkmaar in Mengen von 15 t TS/ha/Jahr

Chemical composition of drainage water from a sandy soil used as arable land and as grassland, after six years' application of liquid sewage sludge from Almelo and Alkmaar in amounts of 15 t DM/ha/year

	Ackerland (arable land)		Grünland (grassland)	
	Almelo	Alkmaar	Almelo	Alkmaar
<i>mg O₂/Liter</i>				
CSB (COD)	54	56	48	49
EC μ S/cm	1188	696	648	514
pH	6,88	7,02	6,80	6,80
<i>mg/Liter</i>				
N	98,9	13,6	16,7	10,7
P	0,02	0,04	0,02	0,03
K	2,2	2,3	0,2	0,4
Ca	436	233	256	156
Mg	16,8	15,7	9,9	9,1
Na	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Cl	27,0	17,6	10,4	7,4
S	150	160	170	120
<i>μg/Liter</i>				
As	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
B	90	110	40	90
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1
Co	< 1	< 1	< 1	< 1
Cr	< 10	< 10	< 10	< 10
Cu	30	25	20	20
Fe	50	20	30	30
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	420	16	120	15
Mo	10	30	30	30
Ni	12	8	7	8
Pb	< 5	< 5	< 5	< 5
Zn	270	70	90	50

Tabelle 5 gibt die Werte für das Dränwasser aus dem Boden mit 15 t Trockenschlamm (300 cbm Naßschlamm)/ha/Jahr für das Jahr 1977, nach sechsmaliger KS-Anwendung. Wir verwenden in diesem Versuch größere Schlammengen auf einmal, weil wir in zehn Jahren eine Situation herbeiführen wollen, die in der Praxis erst im Laufe von 100 Jahren entstehen kann.

Aus Tabelle 5 kann man in Vergleich mit Tabelle 2 ableiten, daß die organische Verunreinigung des Dränwassers durch die KS-Anwendung kaum zugenommen hat. Die EC-Werte sind etwas gestiegen, und zwar für den KS Almelo stärker als für den KS Alkmaar und für das Ackerland stärker als für das Grünland. Für die Zunahme der EC-Werte sind vor allem verantwortlich die Elemente N (als NO₃), Ca, Cl und S (SO₄). Von den Schwermetallen ist durch den KS Almelo der Mn-Gehalt erhöht worden und auch der Zn-Gehalt, obwohl der Zn-Gehalt im Schlamm nicht höher war als im Schlamm aus

Alkmaar. Das weist auf eine größere Mobilität des Zinkes im KS Almelo hin, was mit einer stärkeren Salpetersäurebildung infolge des höheren N-Gehaltes zusammenhängen kann. Auch die höheren Ca- und Mn-Gehalte im Dränwasser aus dem mit dem KS Almelo behandelten Boden können damit zusammenhängen.

Diskussion

Das Dränwasser aus den Substraten aus reinem KS oder MK war am Anfang hinsichtlich seiner Verunreinigung mit organischen und anorganischen Stoffen mit Sickerwasser aus Mülldeponien vergleichbar (EHRIG, 1978; HOEKS, 1977). Dabei sind die Gehalte an N und P im KS höher als im MK und die Gehalte an K, Na und Cl niedriger, und das kommt auch in den Gehalten im Dränwasser zum Ausdruck.

Von dem Sickerwasser aus Mülldeponien ist bekannt, daß die Stärke und auch die Dauer der Verunreinigung abhängt von der Schichthöhe, die für Mülldeponien meistens mehrere Meter beträgt. Dies führt dann zu einer Verdichtung, die auf Mülldeponien noch verstärkt wird durch das Befahren mit schweren Fahrzeugen und manchmal auch noch absichtlich mittels Kompaktoren. Die Folge ist ein Zustand von Anaerobie im Müllkörper mit damit einhergehenden Veränderungen in der Umsetzung der organischen Substanz und in der Mobilität von Schwermetallen wie Fe, Mn, Cd und Zn. In unseren Versuchen waren aerobe Zustände vorherrschend, aber bei größeren Schichthöhen und unter praktischen Umständen (Befahren mit Traktoren usw., Betreten durch Tiere) könnte das anders sein und hätten die Resultate anders sein können.

Unter den Umständen unserer Versuche ließ die Verunreinigung des Dränwassers aus den reinen KS- oder MK-Substraten nach 2 bis 3 Jahren stark nach. Die Gefahr der Grundwasserverunreinigung wäre also weit geringer, wenn das Material in dieser Periode unter kontrollierten Umständen mit Möglichkeiten zum Auffangen und Nachbehandeln vom Dränwasser gelagert werden könnte. Auch in Hinblick auf eine nachherige Verwendung als Bodenverbesserungsmaterial wäre das wünschenswert. Das Material müßte dann mit Rücksicht auf die Grundwasserqualität und die Gewächse arm sein an Schwermetallen (Cd, Ni, Zn), weil diese bei saurer Reaktion des Dränwassers mobil werden können.

Vermischung von KS oder MK mit Boden führt im allgemeinen zu einer entsprechenden Herabsetzung der Dränwasserverunreinigung, wobei das Festhaltevermögen des Bodens für bestimmte Stoffe eine Rolle spielen kann. Bei starkem Vorherrschen des Bodenanteils, wie das unter praxisüblichen Verhältnissen meistens der Fall ist, kann der Einfluß von KS oder MK auf die Wasserqualität dann praktisch zu Null reduziert werden, zumal auch der Entzug durch die Pflanze dann relativ stärker ins Gewicht fällt. Bei Verwendung von Flüssigschlämmen kann das in ihnen enthaltene Wasser als Transportmittel für bestimmte Stoffe eine zusätzliche Gefahr bedeuten, wenn große Mengen auf einmal verwendet werden. EL-BASSAM und TIETJEN (1977) verwendeten bis 3600 cbm Naßschlamm in einem Jahr und erhielten teilweise mit den unsrigen übereinstimmende Ergebnisse.

Inwieweit Verunreinigung des Dränwassers gleichbedeutend ist mit Verunreinigung des Grundwassers, hängt ab von der Tiefe des Grundwasserspiegels und den Eigenschaften des Unterbodens. Außer in dem Versuch mit den Flüssigschlämmen fehlte in unseren Versuchen der Unterboden. Aus unseren Ergebnissen kann deshalb nur eine potentielle Gefahr der Grundwasserverunreinigung abgeleitet werden. Wo aber das Grundwasser hoch steht, wie das in den Niederlanden vielerorts der Fall ist, kann eine potentielle Gefahr leicht eine wirkliche Gefahr werden.

Zusammenfassung

In in 140-Liter-Gefäßen durchgeführten Versuchen war das Dränwasser aus als Pflanzensubstrat verwendeten Klärschlämmen und Müllkompost im ersten Jahr etwa 20- bis 100mal so stark mit organischen und anorganischen Stoffen verunreinigt wie das Dränwasser aus normalen Böden, im sechsten Jahr noch 1- bis 5mal so stark, es sei denn bei saurer Reaktion des Dränwassers. Dann blieb der P-Gehalt hoch und auch der Gehalt an Schwermetallen (Cd, Mn, Ni, Zn), wenn diese in hohen Konzentrationen im Schlamm vorkamen.

Vermischung von KS oder MK in verschiedenen Volumenverhältnissen mit einem leichten Sandboden bzw. einem schweren Tonboden führte zu einer entsprechenden Herabsetzung der Dränwasserverunreinigung, wobei das Vermögen der Böden bestimmte Stoffe festzuhalten oder festzulegen eine mit zunehmendem Bodenanteil stärker werdende Rolle spielen kann.

Eine jährliche Verabreichung von zwei verschiedenen Flüssigschlämmen in Mengen von 7 1/2 bis 22 1/2 t TS/ha zu einem Sandboden führte in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Schlämme zu einer Zunahme der Gehalte an N, Ca, S, Mn und Zn im Dränwasser.

Summary

DE HAAN, S.: *Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus mit Klärschlamm oder Müllkompost behandelten Böden (The chemical composition of drainage water from soils treated with sewage sludge and town refuse compost).*

Landwirtsch. Forsch. 33, 1980

In experiments carried out in 140-litre-vessels the pollution of drainage water from six more or less matured sewage sludges and one town refuse compost, used as plant substrates, was 20 - 100 times that of normal soils in the first year, and 1 - 5 times in the sixth year, unless the drainage water was acid. Then P-contents and also heavy metal contents remained high (Cd, Mn, Ni, Zn), if concentrations of these metals in the sludge were high.

Mixing sewage sludge or town refuse compost in various ratios with a light sandy and a heavy clay soil resulted in a corresponding decrease in drainage water pollution, whereby the capacity of the soil to adsorb or fix certain components can play a role, dependent on the proportion of the soil in the mixture.

Annual applications of two different liquid sewage sludges in amounts of 7 1/2 - 22 1/2 t DM/ha to a sandy soil resulted in increased concentrations of N, Ca, S, Mn and Zn in the drainage water, dependent on the chemical composition of the sewage sludge.

Résumé

DE HAAN, S.: *Die chemische Zusammensetzung von Dränwasser aus mit Klärschlamm oder Müllkompost behandelten Böden (Composition chimique des eaux de lessivage de sols traités avec des boues résiduaires ou du compost urbain).*

Landwirtsch. Forsch. 33, 1980

Dans des expériences, exécutés avec des récipients de 140 litres de capacité, la pollution des eaux de lessivage de six boues résiduaires plus ou moins mûres et d'un compost de gadoues urbaines, était de 20 - 100 fois plus élevée que celle des sols témoins en

première année, et encore 1 - 5 fois en sixième année, sauf dans les cas que les eaux de lessivage furent acides. Alors les taux en phosphore restèrent élevés et également ceux en métaux lourds (Cd, Mn, Ni, Zn), si ces derniers furent élevés dans les boues.

Le mélange à proportions différentes des boues ou du compost avec un sol sableux ou argileux résultait en une diminution conforme de la pollution des eaux de lessivage, la capacité absorbante du sol jouant un rôle, dépendant de la portion de sol du mélange.

Des applications annuelles de deux différentes boues liquides en quantités de 7 1/2 - 22 1/2 tonnes de matière sèche par hectare, résultèrent en concentrations élevées en N, Ca, S, Mn et Zn dans les eaux de lessivage, selon la composition chimique de la boue utilisée.

Literatur

- BRINKMANN, F. J. J.: Meetnet regenwaterkwaliteit. H₂O 11, 474 - 476, 1978
- EHRIG, H. J.: Sickerwasser aus Deponien; Herkunft, Menge, Zusammensetzung. Aktuelle Probleme der Deponietechnik. 8. Abfallwirtschaftsseminar, Technische Universität, Berlin 1978
- EL-BASSAM, N. u. TIETJEN, C.: Einfluß der Flächenkompostierung kommunaler Klärschlämme auf das Bodenwasser. Landwirtsch. Forsch. 30, 147 - 159, 1977
- HAAN, S. DE: Yield and mineral composition of grass grown on soils treated with sewage sludge. 7th Gen. Meeting Eur. Grassl. Federation, Gent, 9.33 - 9.40, 1978
- HOEKS, J.: Mobility of pollutants in soil and groundwater near waste disposal sites. Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, Technical Bulletin 105, 1977