

Klärschlamm: Dünger oder Abfall?

Die Verwertung von Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft ist umstritten. Wichtigster Nutzen der Klärschlammdüngung ist die Rückführung von wertvollen Pflanzennährstoffen vom Konsum in den Agrarraum. Dagegen steht das Risiko, die im Klärschlamm enthaltenen Schadstoffe in die Umwelt einzutragen. Deshalb gilt es, Nutzen und Risiken gegeneinander abzuwägen. Kurzfristig sind nur noch die qualitativ besten Klärschlämme einzusetzen. Langfristig sind Systeme und Techniken zu entwickeln, die es erlauben, das Nachhaltigkeitsprinzip (Nährstofffrezyklierung) und das Vorsorgeprinzip (Umweltschutz) unter einen Hut zu bringen.

Klärschlamm fällt bei der Reinigung von Abwässern in zentralen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) an und gilt gemäss schweizerischer Stoffverordnung (StoV) und Düngerbuchverordnung (DüBV) als Abfalldünger (siehe Kasten). Im Jahr 1999 wurden in den 979 ARA der Schweiz insgesamt 209 000 t Trockensubstanz (TS) Klärschlamm produziert, wovon rund 40% in die Landwirtschaft gelangten (Tab. 1). Der Hauptanteil des Klärschlammes wird jedoch thermisch in industriellen Schlammverbrennungsanlagen, Zementwerken und Kehrlichtverbrennungsanlagen entsorgt. Bevor im Jahr 2000 das Deponieverbot für Klärschlamm in Kraft trat, wurde zudem ein kleiner Teil in Deponien eingelagert. Die Verwertung bzw. Entsorgung von Klärschlamm ist kantonal sehr verschieden: In den Kantonen JU, GL, FR, TG und UR gelangte 1999 fast der gesamte dort produzierte Klärschlamm in die Landwirtschaft, wogegen man in den Kantonen GE, BS und AI völlig auf eine Klärschlammdüngung verzichtete.

Klärschlamm enthält Nährstoffe und Schadstoffe

Obwohl Klärschlamm in allen europäischen Ländern zumindest teilweise als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt wird, ist diese Verwendungsart umstritten. Einerseits entspricht die Rezyklierung der im Klärschlamm vorhandenen Nährstoffe dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Andererseits enthält Klärschlamm viele unerwünschte Stoffe, so dass die Nutzung des Klärschlammes als Dünger mit einem Risiko für die Umwelt und den

Menschen verbunden ist und damit dem Prinzip der Vorsorge widerspricht. Es gilt also, Nutzen und Risiken gegeneinander abzuwägen.

Nutzen der Klärschlammverwertung

Nährstofflieferant mit Düngewirkung: Klärschlamm-Trockenmasse besteht durchschnittlich aus 45% organischer Substanz, 5,8% Calcium, 4,4% Stickstoff, 2,7% Phosphor, 0,5% Magnesium und 0,3% Kalium. Daneben sind auch Schwefel und Spurenelemente wie Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel und Zink enthalten. Verglichen mit den Nährstoffmengen aus Hof- und Mineräldüngern (siehe Kasten) ist die Nährstofffracht aus Klärschlamm klein (Tab. 2) und macht bezogen auf die gesamte ausgebrachte Düngermenge lediglich 7,1% des Phosphor-, 2% des Stickstoff- und 0,1% des Kaliumanteils aus [1]. Betrachtet man jedoch den echten Nährstoff-Input in die Landwirtschaft durch externe Quellen wie Deposition, Mineräldünger und Futtermittel, lässt also den Hofdünger aus der Bilanz heraus, können beachtliche 34% des pro-

Dünger dienen der Pflanzenernährung. Man unterscheidet drei Gruppen von Düngern:

1. **Abfalldünger**
 - Klärschlamm: Produkt aus der Abwasserreinigung
 - Kompost: verrottetes pflanzliches und tierisches Material
 - unverrottetes pflanzliches Material, z.B. Mostereiabfälle
 - Erzeugnisse aus mineralischen oder tierischen Abfällen, z.B. Hornspäne und Ledermehl
2. **Hofdünger:** z.B. Gülle, Mist, Mistwässer und Silosäfte
3. **Mineräldünger:** meist chemisch hergestellte Erzeugnisse

	Nährstofffracht in 1000 t		
	N	P	K
Hofdünger	128	20,5	162
Mineräldünger	53	7,4	27
Klärschlamm	3,7	2,2	0,25
Kompost	2,9	0,74	1,8
Übrige Abfälle	1,5	0,57	1,5
Total	189	31,4	192

Tab. 2: Vergleich der Hauptnährstofffrachten aus verschiedenen Düngern in der Schweiz für das Jahr 1999.

	1974	1980	1984	1989	1994	1999
Anzahl kommunale ARA	430	710	855	930	977	979
Angeschlossene Wohnbevölkerung (%)	46	70	81	88	91	95
Klärschlammproduktion total (1000 t Trockensubstanz)	90	170	176	213	211	209
Landwirtschaftlich verwendet (%)	80	65	50	50	55	40

Tab. 1: Anzahl Abwasserreinigungsanlagen (ARA), angeschlossene Wohnbevölkerung, Produktion und prozentuale Anteile der landwirtschaftlich verwendeten Klärschlamm-Menge in der Schweiz.

duktiven Phosphor-Outputs und 9% des Stickstoff-Outputs aus der Landwirtschaft (pflanzliche und tierische Nahrungsmittel) durch Klärschlamm gedeckt werden [2, 3].

Schonung der globalen Nährstoffreserven:

Bereits in etwa 80 Jahren sind die mit heutiger Technik abbaubaren Phosphatlager (rund 12 Milliarden t Erz) erschöpft. Weitere, etwa doppelt so gross geschätzte Phosphatreserven liegen im Meeresboden oder sind mit Schwermetallen belastet und daher nur begrenzt oder unter grossem finanziellen Aufwand abbaubar. Bei den Stickstoffreserven ist die Situation weniger kritisch und auch die mit heutiger Technik abbaubaren Kaliumreserven genügen noch für die nächsten 300 Jahre [1].

Verbesserung der Bodeneigenschaften:

Dank der Zufuhr von organischer Substanz und Kalk trägt die Klärschlammdüngung zu einer Verbesserung der physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften bei. Feldversuche ergaben eine Erhöhung des Humusgehaltes, des pH-Wertes, der bodenbiologischen Aktivität (Bodenatmung, Stickstoff-Mineralisierung, enzymatische Aktivität usw.) und der bakteriellen Biomasse. Diese Verbesserungen der Bodeneigenschaften wurden in bis zu 1 m tiefen Bodenschichten gefunden [4]. Der pH-Wert hat zudem Auswirkungen auf die Mengen an gebundenen und gelösten Schwermetallen im Boden: bei pH-Erhöhung reduziert sich nämlich der Gehalt der gelösten und damit pflanzenverfügbaren Schwermetalle im Boden, so dass Pflanzen auf klärschlammgedüngten Böden niedrigere Cadmium- und Nickel-Gehalte als auf ungedüngten oder mit Gülle gedüngten Böden aufweisen können (Stadelmann et al. 1988, zitiert in [1]).

Volkswirtschaftlicher Nutzen: Mit der Klärschlammdüngung (Stand 1999) können

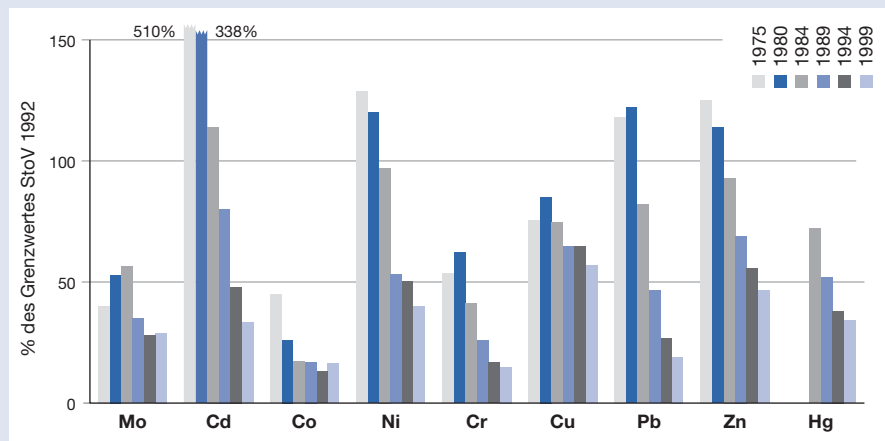


Abb. 1: Mittlere Auslastung des geltenden Grenzwertes für Schwermetalle im Klärschlamm nach Stoffverordnung (StoV 1992) in der Schweiz (nach Külling 2001, zitiert in [1]).

Dünger- bzw. Nährstoffkosten von ca. 7 Mio. Franken eingespart werden. Hinzu kommt, dass der Kostenvorteil der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gegenüber der Verbrennung zur Zeit ca. 34 Mio. Franken pro Jahr beträgt [1].

Risiken der Klärschlammverwertung

Generelle Risiken: Langjährige oder unsachgemässe Klärschlammdüngung kann zu einer Belastung der Oberflächengewässer (durch Abschwemmung oder Erosion) sowie des Grund- und Quellwassers führen. Daneben reichern sich Schadstoffe im Boden an, so dass langfristig die Bodenfruchtbarkeit (Reduktion der Diversität und Aktivität der Bodenorganismen), die Pflanzenqualität und der Pflanzenertrag beeinträchtigt werden. Gleichzeitig können Schadstoffe in die Nahrungskette gelangen und sich negativ auf die Gesundheit der Nutztiere und des Menschen auswirken [1].

Schwermetalle: Mit der Klärschlammdüngung werden Schwermetalle im Boden akkumuliert. Ein erhöhter löslicher Gehalt an Schwermetallen (z.B. Cadmium, Zink, Kupfer) zieht eine verminderte bodenbiologische Aktivität [5], Ertragseinbussen und Schwermetallanreicherungen in Pflanzen nach sich. Die Gefährdung der Nutztiere und des Menschen durch Schwermetalle wird heute aber im Allgemeinen als gering eingeschätzt [1]. Seit 1975 gehen die

Schwermetallgehalte sukzessive zurück. Die Qualität der landwirtschaftlich genutzten Klärschlämme war noch nie so gut wie heute, und die Grenzwerte nach StoV werden deutlich unterschritten (Abb. 1). Dies spiegelt sich auch in verbesserten Schwermetall-Nährstoff-Werten (SMN) und Schwermetall-Phosphat-Werten (SMP) wider (Tab. 3). Mit den SMN- und SMP-Werten ist ein Qualitätsvergleich verschiedener Klärschlämme möglich [1]. Je tiefer die beiden Werte sind, desto besser ist die Klärschlammqualität.

Organische Schadstoffe: Klärschlamm kann eine Vielzahl von organischen Schad- und Fremdstoffen enthalten, meist im µg/kg TS-Bereich (siehe Kasten) [1]. Die organischen Stoffe sind unterschiedlich persistent, lipophil, toxisch oder kanzerogen. Persistente Stoffe wie z.B. PCBs können sich in Agrarökosystemen und Nahrungsketten anreichern (Abb. 2). Für Pflanzen sind die meisten organischen Schadstoffe nicht oder nur schwach toxisch und werden von diesen kaum aufgenommen und wenn, dann z.T. metabolisiert. Problematisch für Tier und Mensch ist jedoch die Oberflächenkontamination von Weiden, Wiesen und Bodenoberflächen durch Klärschlammdüngung. Frisst das Milchvieh oberflächlich kontaminierte Pflanzen oder Bodenpartikel, können die Schadstoffe in die Milch und damit in die Nahrungskette gelangen. Aus diesen Gründen wurde der Einsatz von Klärschlamm im

Die wichtigsten organischen Schad- und Fremdstoffe im Klärschlamm sind:

- chlorierte aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe
- Chlorphenole
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- polychlorierte Biphenyle (PCB)
- polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
- Di(2-ethylhexylphthalat) (DEHP)
- organische Zinnverbindungen (TBT)
- Tenside und Tensidmetaboliten (LAS, NP)
- Bisphenol A
- Chlorparaffine
- polybromierte Diphenylether (PBCE)
- polychlorierte Naphtaline (PCN)
- Organochlor-Pestizide
- Moschusverbindungen und Arzneimittel (inkl. Antibiotika und Hormone)

	1975	1980	1984	1989	1994	1999	LW ⁹⁹
Summe der Schwermetalle	378	653	534	467	375	321	140
SMN	6,39	4,43	1,99	1,44	1,15	0,96	0,85
SMP	21,46	11,78	4,48	4,27	3,26	2,68	2,37

Tab. 3: Schwermetallfrachten im Klärschlamm (t/Jahr) sowie Schwermetall-Nährstoff- (SMN) und Schwermetall-Phosphor-Werte (SMP) in der Schweiz [1]. LW⁹⁹: Metallfracht, die im Jahr 1999 über den Klärschlamm in die Landwirtschaft gelangte.

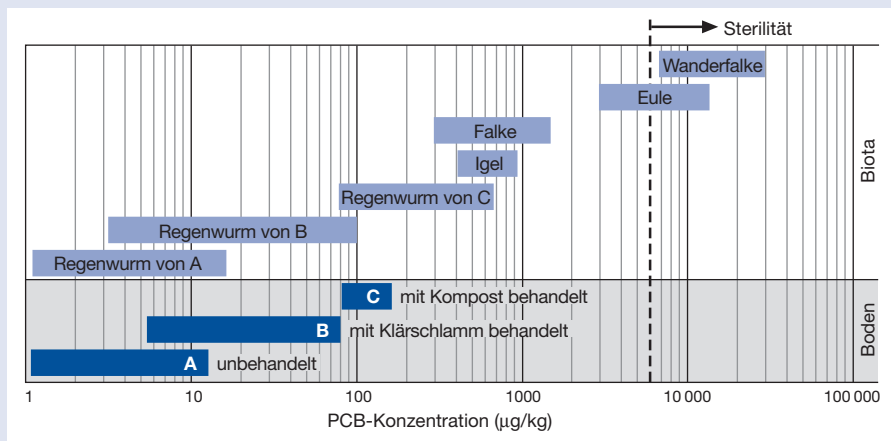


Abb. 2: Akkumulation von PCBs in Agrarökosystemen in der Schweiz (nach Tarradellas et al. 1985 und Becker van Slooten 2001, zitiert in [1]). Die PCB-Gehalte in den Bodenproben beziehen sich auf Trockensubstanz, in den Tierproben dagegen auf Nassgewicht.

Futterbau in Deutschland, Schweden und Norwegen bereits verboten.

Krankheitserreger: Klärschlamm ist potenziell Träger einer Vielzahl von Krankheitserregern wie Bakterien (z.B. Salmonellen), Viren (z.B. Hepatitis B), Protozoen (z.B. Entamoeben) und Helminthen (z.B. Ascaris) [1]. Durch Hygienisierung des Klärschlammes, z.B. mittels Hitzebehandlung, wird die Zahl der Krankheitserreger stark reduziert. Bei Einsatz von hygienisiertem Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft ist das Risiko für die menschliche und tierische Gesundheit deshalb äusserst gering.

BSE und GVO: Bei guter Schlachttechnik, tadelloser Hygiene, vollständigem Sammeln fester Bestandteile von Risikomaterial sowie bei Einsatz der Sieb- und Flotationstechnik in Schlachthanlagen gelangt nur ein minimaler Anteil von infektiösem Material (BSE-Erreger) in das Abwasser, so dass das Kontaminationsrisiko für Klärschlamm vernachlässigbar klein ist. Hingegen ist die Ausbreitung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) durch Klärschlamm prinzipiell möglich und zwar insbesondere durch unhygienisierten Klärschlamm [1].

Klärschlamm ist nur eine von mehreren Risikoquellen

Schadstoffe, Krankheitserreger und GVO gelangen nicht nur über Klärschlamm in die Umwelt. In der Schweiz werden lediglich 12% der Schwermetalle durch Klärschlamm in den Boden eingetragen; 38% gelangen durch Hofdünger, 25% durch atmosphärische Deposition, 14% durch Mineraldünger, 6% durch Fungizide, 4% durch Kompost und 1% durch Holz- asche in den Boden [1]. Dies gilt auch für organische Schadstoffe, beispielsweise werden jährlich etwa 1000 kg PCBs durch Deposition, 70 kg durch Hofdünger, 8 kg

durch Klärschlamm und 3 kg durch Kompost in den Landwirtschaftsboden eingetragen [1]. Bei einer groben Gesamtrisikobeurteilung mittels Multikriterienanalyse [1], bei der die Kriterien Nährstoffverknappung, Bodenstruktur, Schwermetalle, organische Schadstoffe, Krankheitserreger, BSE, GVO, Entsorgungskosten, Markt/Image gewichtet wurden, schnitt Klärschlamm am schlechtesten ab. Es folgten Holz- asche, Abfälle aus der Holzverarbeitung, Hofdünger, Kompost, Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie und Mineraldünger. Unumstritten ist jedoch, dass jeglicher Düngereinsatz mit Risiken verbunden ist.

Wo liegt der Handlungsbedarf?

Generell sind Nutzen und Risiken einer Klärschlamm- düngung nicht isoliert zu betrachten. Einerseits ist es notwendig, die Schadstoffbelastung von Klärschlamm zu reduzieren, andererseits muss ein methodisch verbessertes und leicht in der Praxis umsetzbares Risikomanagement erarbeitet werden.

Kurz- und mittelfristig sind gezielte Massnahmen zur Risikominimierung und Nutzenoptimierung nötig. Dazu gehören:

- die Feststoffabscheidung in Schlachthöfen (BSE-Risiko), eine bessere Hygienekontrolle und die gezielte Auswahl von Klärschlämmen mit tiefen SMN- und SMP- Werten;
- die Verhinderung/Verminderung der Klärschlammaufnahme durch Nutztiere auf Weiden und anderen Futterflächen;
- die zusätzliche Einführung von DüBV- Grenzwerten für organische Schadstoffe und die Überprüfung der heutigen Schwermetallgrenzwerte und Aufwandmengen nach StöV;
- der gestaffelte Ausstieg aus der Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft

im Falle eines Verbots (Futterbau vor Ackerbau).

Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung ist das langfristige Ziel, menschliche Nährstoffausscheidungen und andere verwertbare Nährstoffe zu rezyklieren. Deshalb muss die Konzeption alternativer (Kanalisations-) Systeme zur Trennung von häuslichem Abwasser, Industrie/ Gewerbeabwasser und Meteorwasser sowie die Entwicklung technischer Verfahren zur Nährstoffrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm vorangetrieben werden.

Die Natur produziert keinen Abfall, sondern wertvolle Nährstoffe, die es zu verwerten gilt. Ausdrücke wie Abfall, Abwasser und Abwärme sind dabei fehl am Platz. Unser wichtigstes Ziel ist es, die Prinzipien der Nachhaltigkeit und Vorsorge unter einen Hut zu bringen.



Franz X. Stadelmann, Naturwissenschaftler, Mitglied der Geschäftsleitung und Leiter des Produkts Umweltressourcen/ landwirtschaftlicher Umweltschutz der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) in Zürich-Reckenholz.

Koautoren:

David Külling, Umweltnaturwissenschaftler, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abfallgruppe des Teilprodukts Stoffhaushalt/Gewässerschutz der FAL in Zürich-Reckenholz.

Ulrich Herter, Agronom, bis Ende August 2001 Leiter der Abfallgruppe des Teilprodukts Stoffhaushalt/ Gewässerschutz der FAL in Zürich-Reckenholz.

[1] Herter U., Külling D. (Redaktoren) (2001): Risikoanalyse zur Abfalldüngerverwertung in der Landwirtschaft.

Teil 1: Grob- beurteilung. Bericht der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich-Reckenholz, 271 S.

Dokument als pdf-Datei erhältlich unter: www.blw.admin.ch/themen/hstoffe/pbm/d/texte.htm

[2] Spiess E. (1999): Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 1995. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz, Schriftenreihe der FAL 28, 46 S.

[3] Stadelmann F.X. (2000): Landwirtschaftlicher Umweltschutz – eine spannende Aufgabe: Erfahrungen und Überlegungen aus schweizerischer Sicht. Veröff. Bundesamt für Agrarbiologie Linz/Donau 22, 13–52.

[4] Stadelmann F.X., Furrer O.J. (1985): Long-term effects of sewage sludge and pig slurry applications on micro-biological and chemical soil properties in field experiments. In: Williams J.H., Guidi G., L'Hermite P. (eds.) Long-term effects of sewage sludge and farm slurries applications. Elsevier, London, 136–145.

[5] Stadelmann F.X., Gupta S.K., Rudaz A., Santschi-Fuhrimann E. (1984): Die Schwermetallbelastung des Bodens als Gefahr für die Bodenmikroorganismen. Schweiz. Landwirtschaftliche Forschung 23, 227–239.