

Vorschläge zur Novelle der AbfKlärV aus der Sicht der Praxis

Konzept der
Bundes-Qualitätsgemeinschaft Sero-Dünger e.V. (BQSD)



Stand: November 2006

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
1 Einleitung	5
2 Konzepte zur Ableitung von Grenzwerten	6
2.1 Vergleich der vorliegenden Grenzwertkonzepte für Schwermetalle	6
2.2 Grenzwertkonzept der BQSD e.V.	8
2.2.1 Grundsätze zur Herleitung von Grenzwerten	8
2.2.2 Grenzwerte für Schwermetalle	9
2.2.3 Grenzwerte für organische Umweltchemikalien	13
2.2.3.1 Bisher nach AbfKlärV geregelte organische Stoffe	13
2.2.3.2 In der Diskussion befindliche zusätzliche Parameter	14
2.2.4 Seuchenhygienische Anforderungen	15
3 Vorschläge zur Förderung der Qualitätssicherung	16
3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen	17
3.2 Anreize zur Teilnahme an Qualitätssicherungssystemen	18
3.3 Schwermetallgrenzwerte für gütegesicherten Klärschlamm	19
4 Das Qualitätssicherungssystem der BQSD e.V.	21
5 Schlussfolgerung und Ausblick	22
6 Literatur	24
7 Anhang	27

Bundes-Qualitätsgemeinschaft Sero-Dünger e.V. (BQSD)

Dipl.-Ing. agr. Alexander Neumann
Geschäftsstelle Mayen
Alte Hohl 21
56727 Mayen
Tel. 02651 90 00 68
bqsd.neumann@t-online.de

Dr. rer. hort. Petra M. Bloom
Geschäftsstelle Hannover
Arnswaldtstraße 18
30159 Hannover
Tel. 0511 96 94 205
bloom@bqsd.de

Kurzfassung

Im Hinblick auf die angekündigte Novellierung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) stellt die Bundes-Qualitätsgemeinschaft Sero-Dünger (BQSD e.V.) ein Konzept zur Ableitung von Grenzwerten und zur Förderung von Gütesicherungssystemen vor, in dem die notwendigen Rahmenbedingungen einer umweltverträglichen landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung unter Berücksichtigung aller fachlichen Gesichtspunkte diskutiert werden.

Laut Entschließung des Bundesrates vom 26.04.2002 soll bei der Novellierung der AbfKlärV eine integrale Betrachtung aller Düngemittel zugrunde gelegt werden. Da eine Zusammenfassung von BioAbfV und AbfKlärV nicht mehr geplant ist, wird im Sinne einer Harmonisierung beider Verordnungen eine Angleichung der AbfKlärV an die Vorgaben der BioAbfV angestrebt.

Auf der Basis der bisher veröffentlichten Konzepte zur Ableitung von Grenzwerten für Schwermetalle des Umweltbundesamtes, der Länder Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein sowie der VDLUFA/QLA GmbH und der Bundes-Gütegemeinschaft Kompost e.V. werden in vorliegendem Konzept Schwermetallgrenzwerte abgeleitet, die in Anlehnung an den 3. Entwurf der Arbeitsvorlage zur Novellierung der EU-Klärschlammrichtlinie einen Kompromiss darstellen. Das VDLUFA-Konzept, das Schwermetallgehalte auf Nährstoffäquivalente bezieht, wird als geeigneter Maßstab beurteilt, um verschiedene Düngemittel miteinander zu vergleichen, zur Ableitung neuer Grenzwerte für Klärschlamm ist es jedoch zu modifizieren.

Schwerpunkte des BQSD-Konzepts sind Praktikabilität und Plausibilität aus Sicht der Verwertungspraxis. Die derzeit geltenden und die für eine rechtliche Regelung vorgesehenen organischen Parameter und Aspekte der Seuchenhygiene werden diskutiert.

Da die öffentliche Akzeptanz des Nährstoffrecyclings mit Klärschlamm auch in Zukunft durch ordnungsrechtliche Maßnahmen allein nicht zu gewährleisten sein wird, müssen geeignete Instrumente zur Steigerung der Akzeptanz in Landwirtschaft und Politik sowie bei verarbeitender Industrie und Verbrauchern gefördert werden. Auf der Grundlage etablierter Standards und geltender Rechtsvorschriften werden im Folgenden Anforderungen an Qualitätssicherungssysteme formuliert und konkrete Maßnahmen zur Entbürokratisierung des Nachweisverfahrens vorgeschlagen.

1 Einleitung

Mit der BSE-Krise und der damit verbundenen Neuausrichtung der Agrarpolitik gelangte auch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen vor 5 Jahren erneut auf den Prüfstand. Besonders der Ansatz des Umweltbundesamtes (UBA), die Düngung mit Klärschlamm nach dem Grundprinzip „Gleiches zu Gleichem“ zu bewerten [BMU, 2002, UBA 2002], gab Anlass zu kontroversen Diskussionen. Faktisch hätte dieser Ansatz zu einem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung geführt. Nachdem zahlreiche betroffene Verbände, Institutionen und Behörden hierzu Stellung genommen haben, hat das UBA sein Konzept überarbeitet und einige seiner Forderungen kürzlich relativiert [Bannick et al., 2006]. Alternative Konzepte zur Bewertung bzw. Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen wurden vorgelegt, aus denen z.T. auch Vorschläge zur Festsetzung neuer Grenzwerte für Klärschlamm abgeleitet wurden [LANU, 2003; MUNLV, 2003; VDLUFA/DWA, 2003; BGK, 2002]. Die Konzepte kommen je nach Fokussierung auf wissenschaftliche Aspekte wie Schadstoffeintrag und Nährstoffbewertung oder bestehende Rechtsvorschriften zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Nachdem das BMU im Frühjahr 2006 neue Aktivitäten der Bundesregierung im Hinblick auf eine Novellierung der Klärschlammverordnung in Aussicht gestellt hat [Anonym, 2006a], wird sich die Diskussion um die Festlegung von Grenzwerten vermutlich erneut entfachen.

Die Bundes-Qualitätsgemeinschaft Sero-Dünger e.V. (BQSD e.V.), eine Interessenvertretung von Kommunen, Landwirten und „beauftragten Dritten“ der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung, begrüßt die Ankündigung einer „differenzierten Diskussion ohne ideologische Scheuklappen“ und die Perspektive, dass den entsorgungspflichtigen Kommunen auch in Zukunft der Weg der landwirtschaftlichen Verwertung grundsätzlich offen gehalten werden soll.

Insbesondere die Ankündigungen des BMU, „kein faktisches Verbot der landwirtschaftlichen Verwertung über unrealistische Grenzwerte“, „Entbürokratisierung des Nachweisverfahrens“ und „Förderung von Gütesicherungssystemen“ haben die BQSD e.V. veranlasst, ein Diskussionspapier mit Vorschlägen zur Novellierung der AbfKlärV aus der Sicht der Praxis zu formulieren, das im August 2006 mit Vertretern des BMU diskutiert wurde. Schwerpunkte für die Festsetzung neuer Grenzwerte sind dabei Praktikabilität und Plausibilität aus Sicht der Praxis der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung sowie die integrale Beurteilung aller Düngemittel analog zur Entschließung des Bundesrates vom 26.04.2002 [Anonym, 2002b].

Da die öffentliche Akzeptanz des Nährstoffrecyclings mit Klärschlamm auch in Zukunft durch ordnungsrechtliche Maßnahmen allein nicht zu gewährleisten ist, müssen geeignete Instrumente zur Schaffung einer breiten Akzeptanz in Landwirtschaft und Politik sowie bei verarbeitender Industrie und Verbrauchern gefördert werden. Sinnvolle Anforderungen an Qualitätssicherungssysteme sowie Anreize zur Teilnahme an solchen Systemen werden im Folgenden vorgeschlagen und diskutiert.

Mit dem vorliegenden Papier wird erstmals ein Konzept zur Festsetzung von Grenzwerten und zur Förderung von Qualitätssicherungssystemen vorgestellt, bei dem bereits mehrjährige, wertvolle Praxiserfahrungen sowohl bei der Produkt- als auch der Prozessertifizierung der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung nach DIN ISO 9001 und 14001 berücksichtigt sind.

2 Konzepte zur Ableitung von Grenzwerten

2.1 Vergleich der vorliegenden Grenzwertkonzepte für Schwermetalle

Die Grundsätze „Gleiches zu Gleichem“ vom UBA [UBA 2002] und „Gleichgewicht von Ein- und Austrag“ aus NRW [MUNLV, 2003] sind ideale Handlungsoptionen zur Definition bzw. Ableitung von Grenzwerten. Grundsätzlich sind diese Konzepte gut geeignet, um langfristig Zielwerte zu definieren, die im Rahmen von qualitätsverbessernden Maßnahmen bei Gütesicherungssystemen und im Hinblick auf unerwünschte Inhaltsstoffe in Düngemitteln angestrebt werden sollten. Faktisch führt die konsequente Anwendung dieser Handlungsoptionen jedoch zu Grenzwerten, die eine Düngung mit Klärschlamm und anderen Sekundärrohstoffdüngern zukünftig nicht mehr zulassen. Die abgeleiteten Grenzwerte für Klärschlamm liegen z.T. unter den Grenzwerten für Lebensmittel [EG, 2001] und sind somit zu niedrig. Beispielsweise dürfte ein kompostierter Kopfsalat – in der Schwermetallfracht nach UBA-Konzept bewertet – wegen Grenzwertüberschreitung nicht als Düngemittel auf dem Boden ausgebracht werden, auf dem er gewachsen ist. Auch die im Konzept des Landes Schleswig-Holstein abgeleiteten Grenzwerte [LANU, 2003], die sich auf zulässige Frachten nach BBodSchV [Anonym, 1999] stützen, sind nicht praktikabel.

Im VDLUFA-Konzept [VDLUFA/DWA, 2003] werden die wertgebenden Inhaltsstoffe von organischen Düngemitteln in Relation zum Bedarf einer durchschnittlichen Ackerkultur gesetzt, indem die Gehalte an Hauptnährstoffen, Humus und Kalk in Nährstoffäquivalente (NEQ) umgerechnet werden. Beispiel: Für Stickstoff beträgt der durchschnittliche Bedarf einer Ackerkultur 170 kg/ha, was einem Nährstoffäquivalent von 1 entspricht. Für gekalkten Klärschlamm mit einem N-Gehalt von 39 kg/t ergibt sich somit ein Stickstoff-NEQ von 0,23. Für ungekalkten Klärschlamm mit 69 kg N/t beträgt das N-NEQ 0,41 (Tab. 1).

Nachdem in einem weiteren Schritt die Schwermetallgehalte auf die Summe der NEQ bezogen werden, ist ein Vergleich der Schwermetallfrachten verschiedener Düngemittel möglich.

Bei der Berechnung von NEQ für Klärschlamm erfahren gekalkte Klärschlämme aufgrund des höheren Nährstoffwertes durch den Kalkanteil eine ungleiche Aufwertung. Im Konzept „Nutzwertindex“ der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK e.V.) [Anonym, 2002] hingegen fließt der Kalkanteil nur zu 10 % in die Bewertung ein, Pflanzennährstoffe und bodenwirksame Inhaltsstoffe werden also unterschiedlich stark gewichtet.

Die unterschiedlichen Ergebnisse der NEQ-Berechnung beider Konzepte sind in Tab. 1 an Analysenergebnisse einer Kläranlage beispielhaft dargestellt, bei der die Probennahme sowohl vor der Entwässerung als auch nach der Aufkalkung durchgeführt wurde. Die nach VDLUFA-Konzept errechneten NEQ-Summen liegen für den gekalkten Klärschlamm mit 1,99 über dem Wert für den ungekalkten Klärschlamm (1,58), was darauf zurückzuführen ist, dass der Äquivalentwert des Kalkes den niedrigeren Äquivalentwert der Hauptnährstoffe überkompensiert. Beim BGK-Konzept hingegen errechnet sich für gekalkten Klärschlamm ein Gesamt-NEQ von 1,10, während ungekalkter Klärschlamm mit 1,54 höher bewertet ist.

Tab. 1: Vergleich der Nährstoffäquivalente (NEQ) und Schwermetallgehalte pro Nährstoffäquivalent (SM/NEQ) von gekalktem und ungekalktem Klärschlamm, modifiziert nach den Konzepten von VDLUFA und BGK e.V.

Nährstoff	Nährstoffbedarf*		Gehalte im Klärschlamm** (kg/t TM)		NEQ errechnet nach VDLUFA-Konzept (NEQ/t TM)		NEQ errechnet nach BGK-Konzept (NEQ/t TM)	
	(kg/ha)	NEQ	gekalkt	ungekalkt	gekalkt	ungekalkt	gekalkt	ungekalkt
N	170	1	39	69	0,23	0,41	0,23	0,41
P ₂ O ₅	60	1	29	53	0,48	0,88	0,48	0,88
K ₂ O	160	1	3,4	6,8	0,02	0,04	0,02	0,04
MgO	30	1	7,9	6,1	0,26	0,20	0,26	0,20
CaO	250	1	248	10	0,99	0,04	0,099	0,004
<i>Summe NEQ</i>					<i>1,99</i>	<i>1,58</i>	<i>1,10</i>	<i>1,54</i>
Schwermetall			Gehalte** (mg/kg TM)		SM/NEQ nach VDLUFA-Konzept (mg/kg TM * NEQ)		SM/NEQ nach BGK-Konzept (mg/kg TM * NEQ)	
Blei			15,7	25,2	7,9	16	14,3	16,4
Cadmium			0,65	1,1	0,3	0,7	0,6	0,7
Chrom			12,5	22,3	6,3	14,2	11,4	14,5
Kupfer			123	210	61,8	133,3	112,2	136,4
Nickel			10,7	17,6	5,4	11,2	9,8	11,4
Quecksilber			0,15	0,26	0,1	0,2	0,1	0,2
Zink			350	710	175,9	450,8	319,2	461,3

* Durchschnittlicher Nährstoffbedarf einer Ackerkultur

** Datenbasis: BQSD-zertifizierter gekalkter und ungekalkter Klärschlamm einer Kläranlage.
Probenahme jeweils vor Entwässerung und nach Aufkalkung

Werden die Schwermetallgehalte in Relation zum berechneten Nährstoffäquivalent bewertet (SM/NEQ), ergibt sich für gekalkten Klärschlamm durch den Verdünnungseffekt nach Kalkzugabe ein geringerer Gehalt im Vergleich zu ungekalktem Schlamm (Tab. 1). Nach VDLUFA-Konzept werden Kalkschlämme somit auch im Hinblick auf die Schwermetallgehalte besser beurteilt. Die Berechnung nach BGK-Konzept ergibt hingegen weniger voneinander abweichende Schwermetallgehalte pro Nährstoffäquivalent. Das erscheint plausibel, weil der Schwermetallgehalt durch die Kalkzufuhr lediglich verdünnt wird. Die zugrunde liegende Klärschlammqualität verändert sich jedoch nicht.

Die Berechnung von Nährstoffäquivalenten und Schwermetallgehalten pro Nährstoffäquivalent in Anlehnung an das BGK-Konzept ist aufgrund der Bewertung des Kalkanteils zu einem Zehntel für die Herleitung von Grenzwerten somit grundsätzlich besser geeignet.

2.2 Grenzwertkonzept der BQSD e.V.

2.2.1 Grundsätze zur Herleitung von Grenzwerten

In den Gremien der BQSD e.V. wurden folgende Grundsätze zur Herleitung von Grenzwerten erarbeitet.

(a) Berücksichtigung toxikologischer Gesichtspunkte

Bei sachgerechter Anwendung als Düngemittel darf es nicht zu einem Schaden an Boden, Wasser, Umwelt oder Ernteprodukten kommen. Die Konzentration, bei der Schäden anzunehmen sind, muss deutlich unterschritten werden, damit ein ausreichendes Maß an Sicherheit beim Einsatz von Düngemitteln gewährleistet ist.

(b) Berücksichtigung der Vorsorge

Eine dauerhafte Anwendung von Düngemitteln darf nicht zu einer schleichenden Anreicherung von Schwermetallen in Boden, Wasser, Umwelt oder Ernteprodukten führen, so dass die Konzentration eines Stoffes überschritten wird, die zu einem Schaden führen könnte.

(c) Integrale Betrachtung aller Düngemittel

Der Bundesrat fordert eine integrale Betrachtung aller dem Boden zugeführten Düngemittel mit dem Ziel einer Reduzierung des Schadstoffeintrages [Anonym, 2002b]. Bei der Herleitung von Grenzwerten hat dieser Ansatz Berücksichtigung zu finden, damit an verschiedene Düngemittel vergleichbare Anforderungen gestellt werden. Des Weiteren müssen die Grenzwerte in angemessener Relation zu Richtwerten für Lebens- und Futtermittel stehen.

(d) Berücksichtigung der Praktikabilität

Grenzwerte müssen realistisch und praktikabel sein. Die zulässigen Analysenfehler sowie der durchschnittliche Schwankungsbereich von Analyseergebnissen sind zu berücksichtigen, da es in der Praxis nicht realisierbar ist, bei gelegentlichen Grenzwertüberschreitungen verschiedene Chargen unterschiedlichen Verwertungswegen zuzuführen.

(e) Berücksichtigung der Akzeptanz

Grenzwerte müssen möglichst deutlich unter den aus toxikologischen und vorsorgenden Gesichtspunkten noch tolerierbaren Höchstwerten liegen. Wenn die gängigen Höchstwerte stets nur knapp unter den Grenzwerten liegen, d.h. stets zu 80 - 90 % ausgeschöpft werden, wird der Eindruck einer schlechten Qualität suggeriert und die Akzeptanz geschmälert.

(f) Schrittweise Absenkung von Grenzwerten

Mit Hilfe von Qualitätssicherungssystemen kann die Einleitung unerwünschter Stoffe in das Abwasser vermindert und die Qualität von Klärschlamm und Kläranlagenablauf mittel- und langfristig verbessert werden. Bei sinkender Konzentration unerwünschter Stoffe ist somit eine schrittweise Absenkung von Grenzwerten möglich, ohne die Kreislaufwirtschaft einschränken zu müssen.

(g) Berücksichtigung von Qualitätssicherungssystemen

Bei der Novellierung der AbfKlärV sollen Gütesicherungssysteme, durch die die Akzeptanz der landwirtschaftlichen Verwertung und die Eigenverantwortung von Klärschlammproduzenten und -verwertern gefördert werden, Berücksichtigung finden. Damit sich Gütesicherungssysteme von gesetzlichen Vorgaben deutlich absetzen können, muss das Grenzwertniveau der novellierten AbfKlärV einen Spielraum für die Gütesicherung lassen.

2.2.2 Grenzwerte für Schwermetalle

Bei der Ableitung von einheitlich geltenden Grenzwerten ist zu beachten, dass Klärschlämme in Abhängigkeit vom Abwasserreinigungsverfahren sehr großen Schwankungen unterliegen. Klärschlämme mit hohen Nährstoffgehalten können auch relativ hohe Schwermetallgehalte aufweisen [Bertsche et al., 2005]. Wird die Klärschlammqualität durch das Schwermetall/Nährstoffäquivalent-Verhältnis beschrieben, bleibt die so definierte Klärschlammqualität bei gleichermaßen steigenden Schwermetall- und Nährstoffgehalten konstant. Die Auswertung BQSD-zertifizierter Klärschlammanalysen zeigte sogar, dass nährstoffreiche Klärschlämme (>70 kg P₂O₅/t TM) zwar absolut höhere Schwermetallgehalte, bezogen auf die Nährstoffäquivalente jedoch geringere Schwermetallgehalte aufweisen, als nährstoffarme Klärschlämme (<40 kg P₂O₅/t TM) mit geringeren Schwermetallgehalten (Abb. 1).

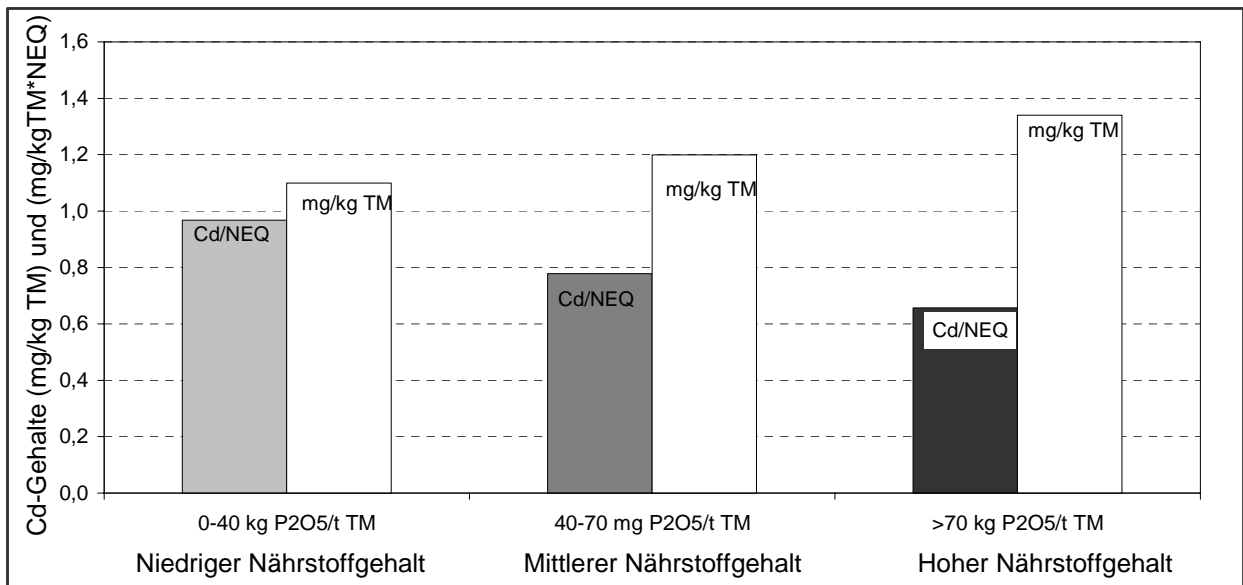


Abb. 1 Mittlere Cadmiumgehalte (mg/kg TM) und mittlere Cadmium-Gehalte pro Nährstoffäquivalent (mg Cd/kg TM * NEQ) bei verschiedenen Nährstoffniveaus

Aus pflanzenbaulicher Sicht sind gerade die nährstoffreichen Klärschlämme interessant und nutzbringend. Erfolgt die Ableitung von allgemein gültigen Schwermetallgrenzwerten allein auf der Basis von Mittelwerten, hat dies womöglich zur Folge, dass nährstoffreiche und im Hinblick auf das Qualitätskriterium Schwermetallgehalt/NEQ hochwertigere Klärschlämme mit geringe-

rem SM/NEQ-Verhältnis Grenzwerte überschreiten, während nährstoffarme Klärschlämme mit einem höherem SM/NEQ-Verhältnis, das heißt schlechtere Klärschlammqualitäten, die Grenzwerte einhalten (Abb. 2).

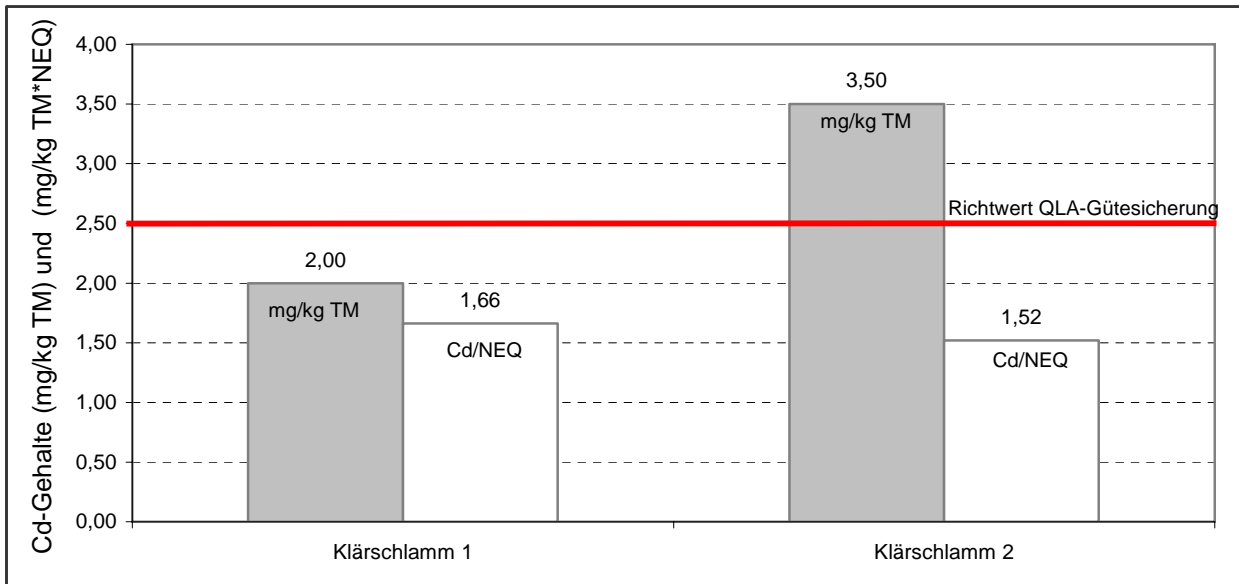


Abb. 2 Vergleich von absoluten Schwermetallgehalten (mg/kg TM) und relativen Schwermetallgehalten (mg/kg TM*NEQ) anhand von zwei Beispielen

Um eine Benachteiligung von qualitativ hochwertigen nährstoffreichen Klärschlämmen zu vermeiden, muss bei der Ableitung von allgemein gültigen Grenzwerten die Schwankungsbreite der Nährstoffgehalte in Klärschlamm berücksichtigt werden. Dies ist möglich, indem bei der Grenzwertableitung statt Mittelwerten als Obergrenze das 94.45 Perzentil, das heißt die Summe aus Mittelwert und zweifacher Standardabweichung, herangezogen wird.

Das BQSD-Konzept schließt eine Überbewertung von Kalkschlämmen aus, indem als Berechnungsbasis zur Herleitung von Grenzwerten ausschließlich Analysenergebnisse von ungekalkten Klärschlämmen herangezogen werden. Grundlage der Berechnung von NEQ für Klärschlamm sind 280 Klärschlammanalysen für ungekalkten Klärschlamm aus 182 BQSD-zertifizierten Kläranlagen (Tab. 7 im Anhang). Auf der Basis von Nährstoffobergrenzen (94.45 Perzentil) für Klärschlamm errechnet das BQSD-Konzept ein Gesamt-Nährstoffäquivalent von 4,8 (Tab. 2).

Da die tatsächlichen Höchstwerte von Nährstoffgehalten in Klärschlamm über den statistisch errechneten Werten liegen können, wie eine Auswertung für hessische Klärschlämme zeigt (Tab. 6 im Anhang), legt das BQSD-Konzept zur weiteren Berechnung im Folgenden ein Gesamtnährstoffäquivalent von 5 für ungekalkten Klärschlamm zugrunde.

Tab. 2: Ableitung von Nährstoffäquivalenten (NEQ) für Klärschlamm unter Berücksichtigung von Mittelwerten und Nährstoffobergrenzen (95.45 Perzentil)

Nährstoff	Nährstoff- Bedarf (kg/ha)	NEQ	VDLUFA-Konzept*		BQSD-Konzept**	
			Mittelwert Klärschlamm (kg/t TM)	NEQ berechnet (NEQ/t TM)	95.45 Perzentil Klärschlamm (kg/t TM)	NEQ berechnet (NEQ/t TM)
N	170	1	40	0,24	84	0,49
P ₂ O ₅	60	1	60	1,00	90	1,50
K ₂ O	160	1	9	0,06	19	0,12
MgO	30	1	8	0,27	35	1,18
CaO	250	1	60	0,24	99	0,39
S	20	1	10	0,50	15	0,75
Humus	1500	1	500	0,33	550	0,37
Summe NEQ		7		2,64		4,80

* Datenbasis: Klärschlammanalysen von Lufa Kassel und Lufa Bonn (Mittelwerte, MW)

** Datenbasis: Analysenergebnisse von 280 BQSD-zertifizierten ungekalkten Klärschlämmen 2005 und 2006 (94.45 Perzentil: MW+2SD)

Analog zum VDLUFA-Konzept werden für die in Tab. 2 dargestellten 7 Nährstoffe Äquivalente festgelegt. Ausgehend von der maximalen Fracht, die mit Bioabfallkompost nach BioAbfV [Anonym, 1998] ausgebracht werden darf, wird nun berechnet, welche Schwermetallfrachten pro Nährstoffäquivalent (SM/NEQ) maximal ausgebracht werden können. Für nährstoffreichen ungekalkten Klärschlamm mit dem NEQ 5 ergeben sich folgende Grenzwerte (Tab. 3).

Beispiel: $143 \text{ g Pb} / \text{ha a NEQ} \times 5 \text{ NEQ} / (\text{t TM}/\text{ha a}) = 714 \text{ mg Pb} / \text{kg TM}$

Tab. 3: Berechnung von Schwermetallgrenzwerten für Klärschlamm in mg/kg TM in Anlehnung an das VDLUFA-Konzept

Schwermetall	Maximale Fracht nach BioAbfV (g/ha*a)	Maximale Fracht/NEQ nach BioAbfV (g/ha*a)	Resultierende abgeleitete Grenzwerte für Klärschlamm in mg/kg TM (modifiziert nach VDLUFA-Konzept)
Blei	1000	143	714
Cadmium	10	1,43	7
Chrom	700	100	500
Kupfer	700	100	500
Nickel	350	50	250
Quecksilber	7	1	5
Zink	3000	429	2143

Im BQSD-Konzept werden die Schwermetallgrenzwerte für Klärschlamm somit auf der Rechenbasis des VDLUFA-Konzepts und der BQSD-Grundsätze zur Herleitung von Grenzwerten unter Berücksichtigung der Abweichung von Mittelwerten und methodisch bedingten Analysenschwankungen hergeleitet.

In Anlehnung an die Erklärung der Bundesregierung, EU-Richtlinien 1:1 umzusetzen [Anonym, 2005], werden die so abgeleiteten Schwermetallgrenzwerte in einem weiteren Schritt an das mittelfristige Reduktionsziel der EU-Klärschlammrichtlinie [Anonym, 2000c] angeglichen. Somit schlägt die BQSD e.V. für die Novellierung der AbfKlärV die in Tab. 4 dargestellten Schwermetallgrenzwerte vor.

Tab. 4: Schwermetallgrenzwerte in mg/kg TM im Rahmen der Novellierung der AbfKlärV

Schwermetall	Aktuelle AbfKlärV (mg/kg TM)	EU-Vorschlag mittelfristiges Reduktionsziel (mg/kg TM)	BQSD- Vorschlag (mg/kg TM)
Blei	900	500	500
Cadmium	10	5	5
Chrom	900	800	600
Kupfer	800	800	800
Nickel	200	200	200
Quecksilber	8	5	5
Zink	2500	2000	2000

Da sich die Bewertung von Kupfer- und Zinkgehalten in Düngemitteln aus pflanzenbaulicher Sicht am durchschnittlichen Bedarf einer Ackerkultur orientieren sollte, sind diese Spurennährstoffe gesondert zu betrachten [Mönicke, 2005; Schaecke et al., 2005a]. Die Officialberatung empfiehlt bei Zinkmangel Zn-Gaben in Höhe von 10 kg/ha und bei Kupfermangel Cu-Gaben in Höhe von 5-10 kg/ha in drei Jahren [Anonym, 2000a]. Bezieht man diese Düngeempfehlungen auf die maximal zulässige Klärschlammgabe von 5 t TM/ha, ergibt sich für Zink ein Orientierungswert von 2000 mg/kg TM und für Kupfer von 1000 mg/kg TM. Der Orientierungswert für Kupfer läge somit sogar über dem Grenzwert der aktuellen AbfKlärV [Anonym, 1992]. Auf Mangelstandorten könnte der Kupfer- und Zinkbedarf somit nicht zu 100 % durch eine Klärschlammdüngung gedeckt werden.

Eine Absenkung der Grenzwerte für Kupfer und Zink ist somit aus pflanzenbaulicher Sicht nicht zielführend. Falls aus politischer Sicht dennoch eine weitere Grenzwertverschärfung gewünscht ist, empfiehlt sich eine Frachtenregelung, in der die Schwermetallfracht beispielsweise durch eine Reduzierung der Aufbringmenge auf 3 kg Kupfer oder 10 kg Zink pro Hektar in drei Jahren begrenzt wird. Die Umsetzung einer solchen Frachtenregelung ist im Rahmen des Qualitätssicherungssystems der BQSD e.V. problemlos durchführbar. Die Grenzwerte für Kupfer und Zink sollten auch im Hinblick auf die unter 2.2.1 genannte Berücksichtigung der Akzeptanz nicht unterhalb von 700 mg Cu/kg TM und 2000 mg Zn/kg TM liegen.

2.2.3 Grenzwerte für organische Umweltchemikalien

2.2.3.1 Bisher nach AbfKlärV geregelte organische Stoffe

(a) Adsorbierbare Organische Halogenverbindungen (AOX)

In der Literatur wird die Notwendigkeit der Bestimmung von AOX in Klärschlämmen in Frage gestellt [Schulze-Rettmer, 2001]. Bereits in den 80er Jahren kamen Müller und Schmitz [1985] zu dem Schluss, dass über 90 % der in Klärschlamm bestimmbarer AOX biogenen Ursprungs sind. Organische Halogenverbindungen sind in den vergangenen Jahren auch als Syntheseprodukte der Natur identifiziert worden [Schaecke et al. 2005, Nkusi et al., 1994; Hoekstra et al., 1993,]. Hiermit übereinstimmend stellt die BQSD e.V. den AOX-Wert als allgemeingültigen Überwachungsparameter in Frage und fordert zumindest für gütegesicherte Klärschlämme die Abschaffung der Analysepflicht für AOX. Dies entspricht der geforderten Harmonisierung von BioAbfV und AbfKlärV.

(b) Dioxine/Furane (PCDD/PCDF)

Im Abschlussbericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe des BMU „Ursachen der Klärschlammbelastung mit gefährlichen Stoffen“ [Anonym, 2000b] wurde festgestellt, dass die Belastung der Klärschlämme mit Dioxinen/Furanen seit 1990 erheblich gesunken ist. Die Werte liegen heute bei weiter sinkender Tendenz im Mittel unter 20 ng TE/kg TM und nähern sich somit zunehmend der Nachweisgrenze [UBA/BMU]. Durch die Düngung mit Klärschlamm ist weder eine Anreicherung von PCDD/PCDF in Böden zu befürchten, noch besteht eine toxikologische Relevanz in Klärschlamm und Böden [verschiedene Autoren in KTBL, 2002]. Pflanzen nehmen diese Stoffe nicht über die Wurzel auf [Hagenmaier et al., 1988; Kampe et al., 1987; Witte et al., 1989]. Der Abbau von Dioxinverbindungen erfolgt durch Verdunstung bis in eine Bodentiefe von 7 cm mit nachfolgendem photochemischem Abbau durch UV-Strahlung an der Erdoberfläche [Korber, 1992]. Folglich ist die Notwendigkeit von Grenzwerten für PCDD/PCDF nicht mehr gegeben. Eine Analysepflicht für gütegesicherte Klärschlämme könnte im Hinblick auf die Harmonisierung von BioAbfV und AbfKlärV aufgehoben werden.

(c) Polychlorierte Biphenyle (PCB)

PCB werden in den Industrieländern seit über 20 Jahren nicht mehr hergestellt. In Deutschland besteht seit 1989 ein nahezu vollständiges Verkehrs- und Anwendungsverbot. Dementsprechend zeichnet sich auch bei der PCB-Belastung von Klärschlämmen eine sinkende Tendenz ab [Witte et al., 1989]. Die Auswertung der BQSD-zertifizierten Klärschlämme ergab im Mittel 0,03 mg/kg TM, seit Beginn der Güteüberwachung ist bei den BQSD-zertifizierten Klärschlämmen keine Grenzwertüberschreitung aufgetreten. Da Pflanzen keine PCB über die Wurzel aufnehmen [Hein und Delschen, 1994], sind keine Einträge in die Nahrungskette durch diesen Pfad zu befürchten. Der derzeitige Grenzwert der AbfKlärV in Höhe von 0,2 mg/kg TM ist bereits ein Vorsorgewert. Eine weitere Absenkung dieses Wertes ist fachlich nicht zu begründen. Für gütegesicherte Klärschlämme könnte analog zur BioAbfV eine Aufhebung der Analysepflicht erfolgen.

2.2.3.2 In der Diskussion befindliche zusätzliche Parameter

Mit dem letzten Entwurf des Arbeitspapiers der EU zur Novellierung der Klärschlammrichtlinie [Anonym, 2000c] wurden für Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS), Di(2-ethylhexyl)phtalat (DEHP), Nonylphenol und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) Grenzwerte vorgeschlagen (LAS 2600 mg/kg TM, DEHP 100 mg/kg TM, Nonylphenol 50 mg/kg TM, PAK 6 mg/kg TM).

(a) Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)

Untersuchungen von Holt et al. [1989] zeigten bei Bodenbelastungen bis 100 mg LAS pro kg TM keine negativen Einflüsse auf das Wachstum verschiedener Pflanzen. Die Humantoxizität und auch die Ökotoxizität im Boden ist gering [Mieure et al., 1990]. Selbst bei Ausschöpfung des vorgesehenen Grenzwertes von 2600 mg/kg TM Klärschlamm würde eine Aufbringung von 5 t TM/ha höchstens zu einem Anstieg des LAS-Gehaltes im Boden um 0,028 mg/kg TM führen. Darüber hinaus werden LAS in Böden aerob gut abgebaut. Die ATV-DVWK-Arbeitsgruppe IG 4.2 sieht in Ihrem Arbeitsbericht zu „Gefährlichen Stoffen im Klärschlamm“ keine Notwendigkeit für eine Begrenzung der LAS-Gehalte [Anonym, 2002a]. Auch die BQSD e.V. vertritt den Standpunkt, dass die Novellierung der AbfKlärV keinen Grenzwert für LAS beinhalten sollte.

(b) Di(2-ethylhexyl)phtalat (DEHP) und Nonylphenol

Sowohl DEHP als auch Nonylphenol werden hauptsächlich bei der Herstellung von Kunststoffen verwendet und ubiquitär verbreitet, wobei die eingesetzten Mengen jeweils rückläufig sind. Bei Nonylphenol ist dies insbesondere auf den freiwilligen Verzicht der Industrie auf die Verwendung von APEO (Alkylphenoethoxylyate) in Haus- und Industriereinigern zurückzuführen. Bei ordnungsgemäßer Klärschlammverwertung ist eine Anreicherung der Böden mit DEHP nicht zu erwarten [Merkel und Appuhn, 1996]. Die durch Klärschlammdüngung auf Böden aufgebrauchten Phtalate werden im aeroben Bereich vollständig mineralisiert [Cardogan et al., 1993]. Selbst bei der Aufbringung von hoch belastetem Klärschlamm lag die DEHP-Konzentration des Bodens nach einem Monat wieder unter der Nachweisgrenze [Diercxens et al., 1987]. Auch Nonylphenole werden nach einer Klärschlammdüngung im Boden innerhalb von wenigen Tagen vollständig abgebaut und unterliegen nicht der Auswaschung [Küchler et al., 1994]. Da auch im Hinblick auf DEHP und Nonylphenol keine wissenschaftlich fundierten Nachweise über die Schädlichkeit durch Klärschlammdüngung vorliegen, sollte nach Auffassung der BQSD e.V. kein Grenzwert für diese Stoffe eingeführt werden.

(c) Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK bzw. Benzo(a)pyren (BaP) als deren Leitparameter entstehen hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen und gelangen überwiegend durch den Luftpfad in die Kläranlagen. Durch die deutlich verbesserten Hausfeuerungsanlagen ist auch hier ein stetiger Rückgang der Konzentrationen in vielen Umweltmatrices zu verzeichnen [Anonym, 2000b]. Allerdings sind bei Klärschlämmen sowohl im Jahresverlauf als auch nach regionaler Herkunft Unterschiede festzustellen. Während in Mecklenburg-Vorpommern PAK-Summenwerte von 1,7 bis 9,8 mg/kg TM ermittelt wurden [Schaecke et al, 2005b], liegt die Schwankungsbreite der PAK- und BaP-Gehalte in Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen im Bereich einer Zehnerpotenz. Auch liegen die Werte im städtischen

Bereich jeweils höher als in ländlichen Regionen [Stock et al, 2002]. Würde bei der Novelle der AbfKlärV ein Grenzwert für PAK von 6 mg/kg TM festgelegt, wären erhebliche Klärschlammengen von einer Grenzwertüberschreitung betroffen [Anonym, 2003a].

Da sich PAK aufgrund ihrer Fettlöslichkeit an die Wachsschicht von oberirdischen Pflanzenteilen anlagern, ist das für Mensch und Tier toxische Potenzial durch oberirdisch anhaftende PAK ungleich höher, als das durch Klärschlamm Düngung verursachte Gefährdungspotenzial in Böden. Zur Minderung dieses Gefahrenpotenzials sind Maßnahmen geboten, die geeignet sind, die PAK-Emissionen weiter zu begrenzen [Anonym, 2000b].

In den 80er Jahren betrug die Deposition von BaP aus der Luft an sieben belasteten Stellen in Deutschland 0,135 bis 0,77 g/ha a [Thrane, 1987]. Unter der Annahme, dass Klärschlamm bis zu einer Tiefe von 10 cm in den Boden eingemischt wird, ergab sich eine Aufstockung des Bodengehaltes für BaP von 0,5 µg/(kg a), was ca. 5 µg/(kg a) PAK entspricht. Eine solche Erhöhung ist angesichts häufig gefundener BaP-Werte von 10 bis 100 µg/kg bzw. PAK-Gehalten von 100 bis 1000 µg/kg als gering zu bewerten, zumal die PAK-Zufuhr über Klärschlamm durch Abbau und Verflüchtigung noch vermindert wird.

Da PAK als Produkte von Verbrennungsprozessen hauptsächlich über den Luftpfad verbreitet werden, kann die Einführung von Grenzwerten für Klärschlämme die Problematik ihrer ubiquitären Verbreitung nicht mindern. Wenn aufgrund dieses Grenzwertes Klärschlämme durch Verbrennung entsorgt werden müssen, wird diese Grenzwertregelung per se ad absurdum geführt. Darüber hinaus müsste entsprechend einer integralen Betrachtung aller Düngemittel auch für Kompost eine Grenzwertregelung für PAK bzw. BaP getroffen werden, da die PAK- bzw. BaP-Belastung von Komposten in der gleichen Größenordnung liegt, wie bei Klärschlämmen [Rippen, 2001]. Die ATV-DVWK Arbeitsgruppe IG-4.2 sieht keine wissenschaftlich fundierte Rechtfertigung für die Einführung eines PAK- bzw. BaP-Grenzwertes für Klärschlämme [Anonym, 2003a]. Nach Auffassung der BQSD e.V. ist auch für diese Stoffgruppe die Definition eines Grenzwertes nicht zielführend und sollte deshalb unterbleiben.

2.2.4 Seuchenhygienische Anforderungen

Seuchenhygienisch relevante Aspekte von Düngungsmaßnahmen werden bislang durch die Definition von Produkteigenschaften im Rahmen der Düngemittelverordnung DüMV [Anonym, 2003b] oder durch Anwendungsbeschränkungen definiert. Für Klärschlamm gelten die Beschränkungen nach § 4 AbfKlärV. Wenn im Rahmen der Novellierung der AbfKlärV auch seuchenhygienische Anforderungen definiert werden sollen [BMU, 2006], wäre auch hier eine integrale Betrachtung und gegebenenfalls Neureglung für alle Sekundärrohstoff- und Wirtschaftsdüngern erforderlich.

Aus Gründen der Praktikabilität muss die Festsetzung von konkreten Anforderungen an die Hygiene mit Augenmaß erfolgen. So könnte z.B. eine Forderung wie „frei von Salmonellen“ auch das Ende der landwirtschaftlichen Verwertung anderer biogener Reststoffe wie Gülle

oder Gärreste bedeuten. Bislang wird neben der aeroben oder anaeroben biologischen Behandlung von Klärschlämmen, die nur in geringem Maße zur Hygienisierung beiträgt, eine chemische Behandlung mit Kalk durchgeführt. Ziel der Klärschlammkalkung ist jedoch nicht in erster Linie die Hygienisierung, sondern die Konditionierung zur Verbesserung der Transport- und Lagerfähigkeit, die besonders auf solchen Kläranlagen erfolgt, die nicht über moderne Presstechnik verfügen. Eine Umstellung der Kläranlagenprozesstechnik auf andere Hygienisierungsverfahren ist mit erheblichen Investitionen und Umbaumaßnahmen verbunden und kurzfristig nicht zu verwirklichen.

Konkrete seuchenhygienische Anforderungen sollten unter Berücksichtigung der Notwendigkeit im spezifischen Anwendungsbereich von Klärschlamm als langfristiges Ziel formuliert werden. Es empfiehlt sich, zunächst ein wissenschaftlich fundiertes und praxistaugliches Hygiene-Konzept, beispielsweise auf Basis einer HACCP-Analyse zu erarbeiten. Ein solches Hygiene-Konzept könnte dann im Rahmen von Qualitätssicherungssystemen implementiert und schrittweise umgesetzt werden.

3 Vorschläge zur Förderung der Qualitätssicherung

Die BioAbfV sieht Erleichterungen für Bioabfallbehandler vor, die Mitglied eines Trägers einer regelmäßigen Güteüberwachung sind. Im Rahmen einer Harmonisierung von BioAbfV und AbfKlärV müssen auch für die Qualitätssicherung von Klärschlamm entsprechende Anreize geschaffen werden. Qualitätssicherungssysteme können ordnungsrechtliche Kontrollaufgaben übernehmen und bieten somit die Chance, Überwachungsbehörden zu unterstützen und zu entlasten [Anonym, 2002b]. Die Forderung nach einer wirksamen Qualitätssicherung für Klärschlämme wird sowohl auf EU-Ebene als auch von den Bundesländern [Anonym, 2002b] mehrheitlich vertreten.

Die Notwendigkeit für ein Qualitätssicherungssystem für Klärschlamm ergibt auch aus dem schlechten öffentlichen Image, zu dessen Verbesserung ein geeignetes Qualitätssicherungssystem sicherlich beitragen kann. Förderung der regionalen Verwertung, wirksame Kontrollen zur Einhaltung von gesetzlichen Richtlinien über die AbfKlärV hinaus und Verbesserung der Klärschlammqualität sind weitere Ziele, die durch geeignete Qualitätssicherungssysteme realisierbar sind.

Qualitätssicherungssysteme für Klärschlamm müssen

- die nötigen Rahmenbedingungen schaffen, die die Entsorgungssicherheit der Klärschlämme in Deutschland auf niedrigem Kostenniveau gewährleisten können,
- den Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft nach KrW-/AbfG und den Vorgaben der europäischen Richtlinien gerecht werden,
- die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm in Deutschland vorbildlich und auf höchstem Sicherheitsniveau durchführen können,
- den Anforderungen der Öffentlichkeit und der Verbraucher nach höchst möglicher Sicherheit und Qualität bei der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte entsprechen,
- die nötige öffentliche Akzeptanz für die Kreislaufwirtschaft der Nährstoffe herstellen.

Beispielhaft sei hier die Aktivität der Bundesgütegemeinschaft Kompost genannt, deren Gütesicherungssystem sowohl das Image von Bioabfall-Kompost in Landwirtschaft und Öffentlichkeit, als auch die Akzeptanz in der Politik deutlich verbessert hat. Die Rahmenbedingungen zur Qualitätssicherung von Klärschlamm unterscheiden sich jedoch in einigen grundlegenden Punkten von denen für Komposte. Während das Ziel von Kompostierungsanlagen die Bioabfallbehandlung und die Produktion eines verkehrsfähigen Düngemittels ist, steht in Kläranlagen die Abwasserbehandlung eindeutig im Vordergrund. Klärschlamm entsteht quasi als Nebenprodukt und wird im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen an den kostengünstigsten Abnehmer abgegeben.

Ein Anreiz zur Qualitätsverbesserung oder zur Qualitätssicherung der Klärschlämme existiert für die Kläranlagenbetreiber zunächst nur darin, bestehende Rechtsvorschriften einzuhalten. Weitergehende Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung des Produktes Klärschlamm sind mit Mehrkosten verbunden, die angesichts knapper Kassen schwer durchzusetzen sind. Das Interesse an der Qualitätssicherung für Klärschlämme liegt somit eher auf der Seite der Klärschlamm abnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe oder beauftragten Dritten. Da eine Qualitätsverbesserung der Klärschlämme durch Verminderung der Einleitung unerwünschter Stoffe in Abwässer zugleich der Verbesserung der Qualität des Kläranlagenablaufes, und damit auch der Fließgewässer und des Grundwassers dient, liegt das Interesse der Qualitätssicherung der Klärschlämme auch im Verantwortungsbereich des Gewässerschutzes. Die Beteiligung zuständiger Behörden, öffentlicher Interessenvertretungen und Umweltschutzorganisationen an Qualitätssicherungssystemen ist deshalb angemessen und folgerichtig.

3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Aus der bestehenden Gesetzgebung lassen sich bereits konkrete Anforderungen, die an Qualitätssicherungssysteme gestellt werden, ableiten. Klärschlämme sind überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung im Sinne der Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftiger Abfälle zur Verwertung BestüVAbfV [Anonym, 1996c]. Die Bundesregierung kann im Sinne des § 41 Abs. 3.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz KrW-/AbfG [Anonym, 1994] besondere Anforderungen bestimmen, die zur Sicherung einer ordnungsgemäßen Verwertung zu erfüllen sind. Die Anforderungen werden in der AbfKlärV im Einzelnen definiert. Danach sind bestimmte Nachweise zu erbringen (Lieferscheinverfahren, Bodenuntersuchungen etc.), die eine ordnungsgemäße Verwertung dokumentieren. Eine Möglichkeit zur Förderung von Gütesicherungssystemen besteht darin, analog den Bestimmungen nach § 51 und § 52 KrW-/AbfG denjenigen von bestimmten Nachweispflichten zu entbinden, der berechtigt ist, das Gütezeichen einer anerkannten Gütegemeinschaft zu führen.

Die Entsorgungsfachbetriebsverordnung EfbV [Anonym, 1996b] definiert bereits konkrete Anforderungen allgemeingültiger Art an Betriebe, um eine Befreiung von Nachweispflichten zu gewähren. Die Definition nach § 2 EfbV trifft für Klärschlamm verwertende Unternehmen in vollem Umfang zu, da diese Unternehmen mit dem Einsammeln, Befördern, Lagern und Verwerten von Abfällen befasst sind. Nach EfbV werden darüber hinaus auch die für Zertifizierungen etablierten DIN-ISO-Normen vorgeschrieben, die im Rahmen der Zertifizierung zu erfüllen sind.

Des Weiteren definiert die Entsorgungsgemeinschaftenrichtlinie [Anonym, 1996a] konkrete Anforderungen, die sich auf die Organisation von Gütesicherungssystemen, hier insbesondere Entsorgungsgemeinschaften, beziehen. Diese Grundsätze können auch für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung Anwendung finden. Es ist beispielsweise grundsätzlich zu vermeiden, dass mit der Einrichtung einer Gütesicherung direkt oder indirekt wirtschaftliche Interessen verknüpft sind. Weder Zertifizierungsunternehmen, noch Verbände, noch Untersuchungslabore oder sonstige Wirtschaftsunternehmen sollten in irgendeiner Form Anteilseigner einer Einrichtung zur Gütesicherung sein, um die Neutralität einer solchen Einrichtung zu gewährleisten.

Dies wird auch in der Anlage 1 zu den Hinweisen zum Vollzug der BioAbfV „Anforderungen an den Träger einer regelmäßigen Güteüberwachung im Sinne der BioAbfV“ in Punkt 2.1 gefordert. Auch wenn diese Anforderungen speziell für die Gütesicherung von Kompost im Sinne der BioAbfV konzipiert sind, lassen sich grundsätzlich auf Institutionen zur Gütesicherung von Klärschlämmen übertragen. Im Einzelnen besteht jedoch Anpassungsbedarf.

Nach Ansicht der BQSD e.V. ist es sinnvoll, dass im Rahmen der Novellierung der AbfKlärV für Qualitätssicherungssysteme die Erfüllung der Anforderungen nach EfbV festgeschrieben wird, da hier die Tätigkeiten bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung (Einsammeln, Befördern, Lagern und Verwerten) bereits detailliert geregelt sind und eine Zertifizierung nach international einheitlichen, definierten Standards durchgeführt werden kann.

3.2 Anreize zur Teilnahme an Qualitätssicherungssystemen

Ohne die Schaffung von Anreizen zur Teilnahme werden Qualitätssicherungssysteme für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nur schwer einzuführen und aufrecht zu erhalten sein. Vor dem Hintergrund der geforderten Harmonisierung von BioAbfV und AbfKlärV könnten folgende Anreize geschaffen werden.

- Verzicht auf gesonderte Bodenuntersuchungen für Nährstoffe

Analog zur Düngeverordnung [Anonym, 2006b] sollte zumindest für gütegesicherte Klärschlämme die Nährstoffuntersuchung auf den Schlag bzw. eine Bewirtschaftungseinheit bezogen werden und im sechsjährigen Rhythmus erfolgen. Da im Rahmen der Qualitätssicherung eine detaillierte Düngeplanung und -beratung vorgeschrieben ist, kann für gütegesicherte Klärschlämme auf die gesonderte Analysepflicht bei Klärschlammdüngung verzichtet werden.

- Verzicht auf Bodenuntersuchungen für Schwermetalle

Die BioAbfV beinhaltet eine Befreiung zur Pflicht der Bodenuntersuchung auf Schwermetalle nach § 9 Abs. 2 für gütegesicherten Kompost. Im Vergleich mit den maximal zulässigen Schwermetallfrachten nach BioAbfV gelangen mit gütegesichertem Klärschlamm deutlich weniger Schwermetalle in den Boden, im Mittel nur etwa 25 % der Maximalfracht von Kompost (Tab. 8 im Anhang). Da durch Klärschlammdüngung eine Schwermetallanreicherung in Böden noch weniger zu befürchten ist, könnte analog zur

BioAbfV für gütegesicherte Klärschlämme auf die Schwermetalluntersuchung von Böden verzichtet werden.

- Verzicht auf Klärschlammanalysen für PCCD/PCDF und PCB

In der BioAbfV sind für Kompost keine Grenzwerte für Dioxine, Furane und PCB definiert. Eine Notwendigkeit von Grenzwerte für diese Stoffe ist auch bei Klärschlamm nicht mehr gegeben (2.2.3). Deshalb kann zumindest bei gütegesicherten Klärschlämmen auf die Analyse von Dioxinen, Furanen und PCB verzichtet werden.

- Vereinfachung der Nachweispflichten nach § 7 (1) AbfKlärV

Da laut BioAbfV bei der Verwendung von gütegesichertem Kompost keine Gefährdung von Boden, Wasser, Ernteprodukten oder Umwelt im Allgemeinen zu befürchten ist, sollten auch hinsichtlich der Voranmeldung zur Klärschlammaufbringung Erleichterungen möglich sein. Vorstellbar wäre ein vereinfachtes Voranzeigeverfahren, bei dem die zur Klärschlammdüngung vorgesehenen Flurstücke nach einer Überprüfung des Flächenstatus' (bereits aufgebrauchte Mengen, Natur- oder Wasserschutzgebiete u.ä.) durch die kontrollierende Behörde eine allgemeine Freigabe oder ggf. ein Verbot erhalten. Die spezifischen Klärschlammdata könnten nach der Düngung mit der Vollzugsmeldung nachgereicht werden.

Da die Einhaltung der für die Vollzugsmeldung zu beachtenden Vorschriften im Rahmen der BQSD-Zertifizierung bereits geprüft wird, wäre hier eine Entlastung der Behörden ohne Einschränkung der vorgeschriebenen Kontrollen möglich. Eine solche Regelung würde in erster Linie eine Stärkung der Eigenverantwortung derjenigen bedeuten, die sich einer freiwilligen Qualitätssicherung unterziehen.

Bei der Vergabe von Aufträgen zur landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen entscheidet letztlich der Preis. Da eine umfangreiche Qualitätssicherung mit Mehrkosten verbunden ist, sind bislang alle diejenigen benachteiligt, die sich einer freiwilligen Qualitätssicherung unterziehen. Als Ausgleich für die entstehende Benachteiligung könnte beispielsweise im Rahmen von Ausschreibungen zur landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen eine Bevorzugung von gütegesicherten Anbietern vorgeschrieben werden. Denkbar wäre auch eine Bezuschussung von zertifizierten Kläranlagen bei der Abwasserabgabe, denn schließlich dienen Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Klärschlämmen gleichzeitig der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte.

3.3 Schwermetallgrenzwerte für gütegesicherten Klärschlamm

Das Qualitätssicherungssystem der BQSD e.V. beinhaltet Kriterien für die Klärschlammqualität, die deutlich über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen. In Analogie zur BioAbfV werden zur Abgrenzung von gütegesichertem und nicht gütegesichertem Klärschlamm im Rahmen der Novellierung der AbfKlärV folgende gesonderte Schwermetallgrenzwerte für gütegesicherte Klärschlämme vorgeschlagen (Tab. 5).

Tab. 5: Schwermetallgrenzwerte in mg/kg TM für gütegesicherte Klärschlämme

Schwermetall	Abgeleitet aus maximal zulässiger Zusatzbelastung nach BBodSchV (mg/kg TM)	EU-Vorschlag langfristiges Reduktionsziel (mg/kg TM)	Gütesicherung VDLUFA/QLA (mg/kg TM)	Gütesicherung BQSD (mg/kg TM)
Blei	240	200	200	200
Cadmium	3,6	2	2,5	3
Chrom	180	600	200	300
Kupfer	216	600	550	600
Nickel	60	100	80	100
Quecksilber	0,9	2	2	2
Zink	720	1500	1400	1500

Mit Ausnahme des Chromwertes stimmen die Werte im Niveau sowohl mit dem langfristigen Reduktionsziel der EU-Klärschlammrichtlinie (Anonym, 2000c) als auch der QLA-Gütesicherung für Klärschlamm überein (VDLUFA/DWA 2003). Im Detail können die unterschiedlichen Grenzwertvorschläge jedoch große Auswirkungen auf die verwerteten Klärschlammqualitäten haben. Eine Auswertung von BQSD-zertifizierten Klärschlammanalysen zeigt, dass die niedrigeren Richtwerte der QLA-Gütesicherung für Cd, Cr und Ni gerade von qualitativ hochwertigen Klärschlämmen mit geringem Schwermetallgehalt pro NEQ überschritten werden können (Kap. 2.2.2).

Dem vorgeschlagenen BQSD-Grenzwert für gütegesicherten Klärschlamm würde bei maximaler Grenzwertausschöpfung (3 mg/kg TM) und Ausbringung von 5 t TM/ha eine Cd-Fracht von 5 g/ha a gegenüber stehen. Da entspricht der Hälfte der Maximalfracht von gütegesichertem Kompost (siehe Tab. 8 im Anhang). Im VDLUFA-Konzept wird aus den nach BioAbfV abgeleiteten Schwermetallfrachten pro NEQ für Klärschlamm ein Wert von 3,77 mg Cd/kg TM abgeleitet [VDLUFA/DWA, 2003]. Ein Grenzwert in Höhe von 3 mg/kg TM für gütegesicherten Klärschlamm ist somit angemessen. Für Nickel leitet das VDLUFA-Konzept einen Grenzwert von 131 mg/kg TM ab, der BQSD-Vorschlag für gütegesicherten Klärschlamm in Höhe von 100 mg/kg TM ist somit ausreichend.

Kupfer und Zink sind essentielle Pflanzennährstoffe, die dem Boden bei Mangel durch Düngung zugeführt werden. Aus pflanzenbaulicher Sicht sind die in der Bodenschutzverordnung geforderten maximal zulässigen Frachten (Tab. 5) nicht nachvollziehbar. Bei einem maximalen Kupfergehalt im Klärschlamm von 600 mg/kg TM werden in 3 Jahren höchstens 3 kg Cu/ha ausgebracht, was etwa der Hälfte der bei Kupfermangel empfohlenen Düngermenge (5-10 kg/ha Cu) entspricht [Anonym, 2000a]. Im Rahmen von Qualitätssicherungssystemen könnten Regelungen getroffen werden, um Klärschlämme mit höheren Cu- und Zn-Gehalten auf bedürftige Flächen auszubringen, oder um Frachtenregelungen für Kupfer- und Zink zu kontrollieren (siehe Kapitel 2.2.2).

4 Das Qualitätssicherungssystem der BQSD e.V.

Alle rechtlichen Anforderungen, die an Qualitätssicherungssystem für Klärschlamm zu stellen sind (Kapitel 3.1), sind in Satzung, Struktur und Aufbau (Abb. 3) sowie in den Richtlinien der BQSD e.V. berücksichtigt [BQSD, 2006]. Die Vereinssatzung der BQSD e.V. wurde auf der Grundlage der Entsorgungsgemeinschaftenrichtlinie erarbeitet und entspricht den Anforderungen an den Träger einer regelmäßigen Güteüberwachung im Sinne der BioAbfV. Die Zertifizierung der beauftragten Dritten beinhaltet die Anforderungen gemäß EfbV und entspricht den Normen DIN ISO 9001 und 14001 sowie der EG-Öko-Audit-Verordnung EMAS.

Die Satzung der BQSD e.V. sieht einen Beirat vor, dem Vertreter von Landwirtschafts-, Umwelt- und Kommunalverbänden sowie aus Wissenschaft und Behörden angehören. Die Beirat unterstützt und berät den Verein in Fragen der Qualitätssicherung und bei der Umsetzung der Vereinsziele.

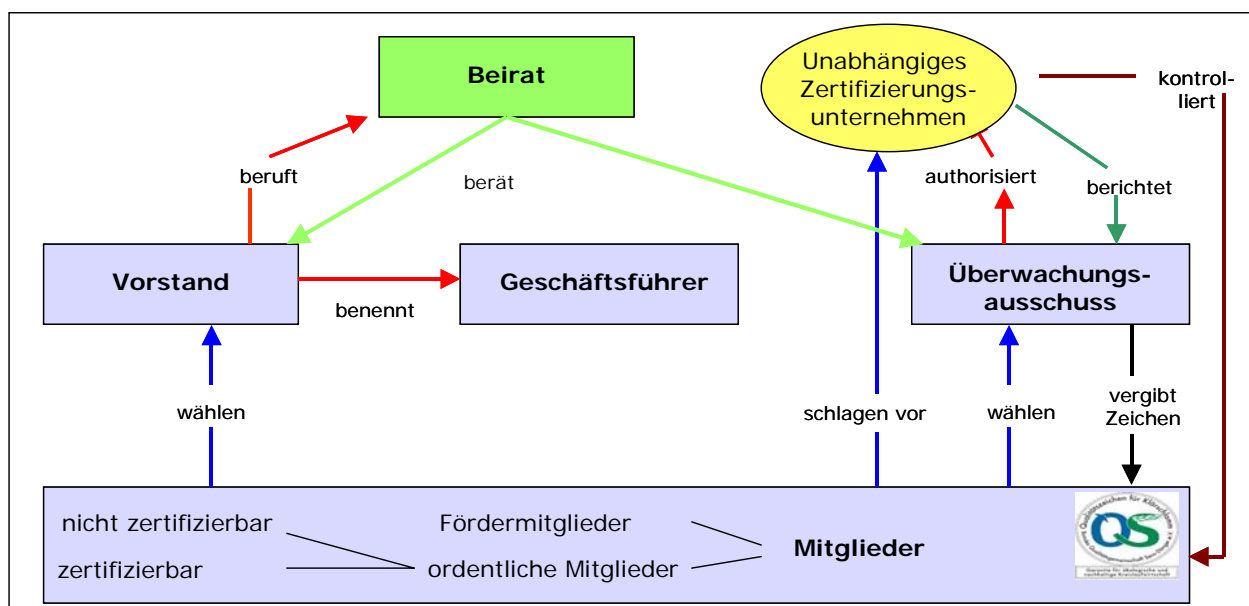


Abb. 3: Organisationsstruktur der BQSD e.V.

Das Qualitätssicherungssystem der BQSD e.V. ist in besonderem Maße geeignet, die Einhaltung von freiwilligen Verpflichtungen, die über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen, zu gewährleisten und langfristig die Qualität der verwerteten Klärschlämme zu verbessern. Der Verein kann sich gleichzeitig um die Image- und Akzeptanzverbesserung bemühen, die zur Aufrechterhaltung der Zukunft der Kreislaufwirtschaft von Nöten ist. Das Qualitätssicherungssystem der BQSD e.V. ist flexibel und kann neuen gesetzlichen Anforderungen schnell angepasst werden. Die notwendige Neutralität ist dadurch gewährleistet, dass der Verein keine direkten wirtschaftlichen Interessen verfolgt, zudem haben unabhängige Zertifizierungsunternehmen kontrollierende Funktionen innerhalb des Systems.

Die BQSD e.V. ist als Verein somit in der Lage, die vom Bundesrat vorgeschlagen ordnungsrechtliche Überwachungsaufgaben zu übernehmen. Darüber hinaus kann ihr für bestimmte Bereiche auch Verantwortung im Sinne einer Entlastung von Behörden übertragen werden.

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag die „Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft zu einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Stoffwirtschaft“ als Ziel formuliert. Im Gegensatz zur thermischen Entsorgung von Klärschlamm, bei der Nährstoffe und Humus unwiederbringlich zerstört werden, wird die landwirtschaftliche Verwertung diesen Forderungen gerecht. Die landwirtschaftliche Verwertung von qualitativ hochwertigen Klärschlämmen bedeutet Ressourcenschutz (Schonung endlicher Phosphatreserven), Klimaschutz (günstigere CO₂-Bilanz im Gegensatz zur Verbrennung) Bodenschutz (Humuswirkung) und Unabhängigkeit von den Energieerzeugern. Neben der Förderung der Kreislaufwirtschaft ist die landwirtschaftliche Verwertung, von der nicht nur einige wenige große Abfallentsorger und Energieerzeuger profitieren, auch ökonomisch vorteilhaft. Besonders bei regionalen Verwertungskonzept bleibt die Wertschöpfung in der Region, wovon die Landwirtschaft und – über die Abwassergebühren – vor allem die Verbraucher profitieren.

Die Fortsetzung des landwirtschaftlichen Nährstoffrecyclings ist jedoch nur möglich, wenn die ideologisch geprägte Diffamierung der Klärschlammdüngung durch fundierte wissenschaftliche Fakten und sachliche Diskussionen ersetzt werden. Vor allem der Begriff „Schadstoffsenke“ hat in jüngerer Vergangenheit zur erheblichen Irritation der Öffentlichkeit beigetragen und die Klärschlammdüngung erneut in Misskredit gebracht. Die Tatsache, dass Stickstoff und Phosphor in Abhängigkeit von Konzentration und Medium, in dem sie enthalten sind, sowohl wertvolle Pflanzennährstoffe in Böden, als auch Schadstoffe in Gewässern sein können, verlangt eine unmissverständliche Definition und Verwendung des Schadstoffbegriffs. Die Bodenschutzverordnung [Anonym, 1999] definiert Schadstoffe als „Stoffe und Zubereitungen, die auf Grund ihrer Gesundheitsschädlichkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden (...) geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen“. Bislang sind durch Klärschlammdüngung weder Schäden noch sonstige Gefahren nachgewiesen worden. Besonders vor dem Hintergrund von negativen Humusbilanzen und endlichen Phosphatressourcen sollte der Fokus der Bewertung von Klärschlämmen nicht ausschließlich auf unerwünschte Inhaltsstoffe, sondern gerade auf deren nutzbringenden Bestandteile liegen [Mönicke, 2005].

Aus wissenschaftlicher Sicht ist die Klärschlammqualität vergleichbar mit anderen Sekundärrohstoff- oder Wirtschaftsdüngern, worauf sich auch die Forderung nach integraler Betrachtung aller Düngemittel [Anonym, 2002] begründet. Im Rahmen der Novellierung der AbfKlärV ist deshalb eine differenzierte und vergleichende Betrachtung der Inhaltsstoffe von Klärschlamm mit anderen Düngemitteln unerlässlich. Der Bezug von Schwermetallgehalten auf Nährstoffäquivalente nach VDLUFA [VDLUFA/DWA, 2003] ist hierfür eine geeignete Methode.

Klärschlämme weisen durch die unterschiedlichen Behandlungsarten auf den Kläranlagen erhebliche Schwankungen von Nährstoffgehalten und unerwünschten Stoffen auf. Definiert man die Klärschlammqualität als relative Größe „Schwermetallgehalt/Nährstoffäquivalent“, können Klärschlämme mit absolut höherem Schwermetallgehalt bei gleichzeitig hohem Nährstoffgehalt qualitativ hochwertiger sein, als Klärschlämme mit geringem Schwermetall- und Nährstoffgehalt. Bei der Ableitung neuer Grenzwerte ist es daher erforderlich, durchschnittliche Schwankungsbreiten und methodisch bedingte Analysenschwankungen einzubeziehen.

Ein einheitlicher vorsorgender Bodenschutz ist Voraussetzung für die dauerhafte Nutzbarkeit landwirtschaftlicher Flächen und für die Produktion gesunder Nahrungsmittel. Zur Vermeidung

einer Anreicherung von unerwünschten Stoffen in Böden müssen flankierende Maßnahmen zur Sicherung guter Klärschlammqualitäten und zur kontinuierlichen Qualitätsverbesserung ergriffen werden. Dies kann im Rahmen einer Gütesicherung geschehen. Damit entsprechende Qualitätssicherungssysteme etabliert werden können, muss das Grenzwertniveau jedoch einen angemessenen Handlungsspielraum beinhalten. Darüber hinaus sind analog zur BioAbfV konkrete Anreize zur Förderung von Qualitätssicherungssystemen zu schaffen.

Die Nutzung von Ressourcen aus Abfällen wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen, wobei der verwertbare Anteil eines Abfalls als wesentliches Entscheidungskriterium für dessen Nutzbarkeit dienen wird. Beim Klärschlamm liegt der Anteil der für die landwirtschaftliche Verwertung erwünschten Bestandteile heute schon bei ca. 99,6 % der Trockenmasse. Ein Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ist daher aus ökologischer und ökonomischer Sicht absolut unsinnig. Vielmehr sollten Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die kontinuierliche Verbesserung der Klärschlammqualität zu forcieren und die Akzeptanz dieses Recyclingweges zu fördern.

Hier ist die Politik gefordert, um mit der Novellierung der AbfKlärV die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, das Image der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zu verbessern. Eine unsachgemäße Diskussion von scheinbaren „Risiken“ ist dabei wenig hilfreich und bietet vielmehr den Gegnern die Möglichkeit, auf emotionaler Basis zu argumentieren. Besonders die Nahrungsmittelindustrie weiß dieses geschickt auszunutzen, um sich Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Des Weiteren muss die Ableitung neuer Grenzwerte für Klärschlamm auf Basis gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgen und nicht als Zugeständnis an die Bundesländer, die den Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung fordern. Vor allem sollten die propagierten Ziele von Bundesregierung und Bundesrat, 1:1 Umsetzung von EU-Richtlinien und Harmonisierung und integrale Betrachtung aller Düngemittel, Beachtung finden.

6 Literatur

- Anonym (1992): Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 21. April 1992. BGBl I, 912-916
- Anonym (1994): Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) vom 27. September 1994. BGBl I, 2705-2728
- Anonym (1996a): Richtlinie für die Tätigkeiten und Anerkennung von Entsorgungsgemeinschaften (Entsorgungsgemeinschaftenrichtlinie) vom 9. September 1996. Bundesanzeiger (178), 10909
- Anonym (1996b): Verordnung über Entsorgungsfachbetriebe (Entsorgungsfachbetriebeverordnung - EfbV) vom 10. September 1996. BGBl I, 1421
- Anonym (1996c): Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung – BestüVAbfV) vom 10. September 1996. BGBl I, 1377
- Anonym (1998): Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21. September 1998. BGBl I, 2995
- Anonym (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BbodSchV) vom 12. Juli 1999. BGBl I 1554
- Anonym (2000a): "Sachgerechte Düngung für Acker und Grünland," Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenzucht, Mainz
- Anonym (2000b): Ursachen der Klärschlammbelastung mit gefährlichen Stoffen, Maßnahmenplan. Abschlussbericht des Bundesumweltministeriums
- Anonym (2000c): Working Document on Sludge, 3rd draft, 3. Entwurf der Arbeitsunterlage zur Novellierung der EU-Klärschlammrichtlinie vom 27.04.2000
- Anonym (2002a): Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe IG 4.2: Gefährliche Stoffe in kommunalen Kläranlagen: Lineare Alkylbenzoesulfate. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 49 (5), 719-723
- Anonym (2002b): Entschließung des Bundesrates über die Zukunft der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm, BR-Drucksache 312/02 (Beschluss)
- Anonym (2003a): Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe IG 4.2: Gefährliche Stoffe in kommunalen Kläranlagen: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 50 (2), 222-228
- Anonym (2003b): Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV) vom 26.11.2003, zuletzt geändert durch Vierte Verordnung zur Änderung düngemittelrechtlicher Vorschriften vom 27.7.2006. BGBl I 2373ff
- Anonym (2005): Plenarprotokoll der 4. Sitzung des Bundestag in der 16. Wahlperiode. Berlin am 30. November 2005 <http://www.bundestag.de/bic/plenarprotokolle/plenarprotokolle/16004.html>
- Anonym (2006a): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft wird nicht verboten. Euwid 7 (18), 1-2
- Anonym (2006b): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngerverordnung - DüV) vom 10. Januar 2006. BGBl I 2006, 20
- Bannick, C.; Franzius, V.; Hahn, J.; Keßler, H.; Markard, Chr.; Penning, J.; Vogel, I.; (2006): Zum Stand der fachlichen Weiterentwicklung des Konzepts "Gute Qualität und sichere Erträge". Müll und Abfall (3), 134-140
- Bertsche, A.; Klages, S.; Schaum, U.; Schultheiß, U.; Döhler, H.; Cornel, P. (2005): Statistische Auswertung von Nähr- und Schadstoffgehalten in niedersächsischen Klärschlämmen. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 52 (5), 586-594
- BGK (2002): „Nutzwertindex“: Eine Methode zur einheitlichen Bewertung von organischen Bodenverbesserungs- und Düngemitteln (Kompost, Gärprodukte, Gülle, Stallmist, Klärschlamm) Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Info-Texte 02-1-001

BMU (2002): Gute Qualitäten und sichere Erträge - Wie sichern wir die langfristige Nutzbarkeit unserer landwirtschaftlichen Böden? Vorschlag zur Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen, BMVEL und BMU, Berlin

BMU (2006): Rechtliche Rahmenbedingungen an die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung – Stand und Perspektiven. Vortrag auf der Veranstaltung des DWA-Landesverbandes Nord „Klärschlamm – Aktuelle Entwicklungen“ am 29. Juni 2006 in Bremen

BQSD (2006): www.bqsd.de

Cardogan, D. F. et al. (1993): “An assessment of the release, occurrence and possible effects of plasticisers in the environment. Phthalate ester used in PVC” European Council for Plasticisers and Intermediates ECPI, Brussel

Diercxens, P. Tardellas, J.; (1987): Soil contaminations by some organic micropollutants related to sewage sludge spreading. Int. J. Environ. Chem. (28)

EG (2001): Verordnung EG Nr. 466/2001 der Kommission vom 08.03.2001 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminaten in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (L77), 1-13

Hagenmaier, H., Brunner, H., Knapp, W., Weberruss, U. (1988): Untersuchungen der Gehalte an PCDD und PCDF und ausgewählten Chlorkohlenwasserstoffen in Klärschlämmen. UBA-Texte: Bericht zum UBA-Forschungsvorhaben Nr. 10303305.

Hein, D.; Delschen, T.; (1994): Beurteilung von PAK und PCB in Kulturböden. Wasser und Boden 1 (1), 54-59

Hoekstra, E. J. de Leer, E.W.B.; (1993): AOX-Levels in the River Rhine: 50 Percent of Natural Origin! In “Integrated Soil and Sediment Research” (H. J. P. H. Eijsackers, T.; ed.), S 93-95. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London

Holt, M. S. Matthijs., E.; Waters, J.; (1989): The concentration and fate of linear alkylbenzene sulfonat in sludge amended soils. Water Research (23), 749-759

Kampe, W. Zürcher, C.; Jobst, H., (1987): Schadstoffe im Boden, insbesondere Schwermetalle und organische Schadstoffe aus langjähriger Anwendung von Siedlungsabfällen. Teilbericht Schwermetalle. UBA-Texte: Bericht zum UBA-Forschungsvorhaben Nr. 10701003.

Korber, H.-J. (1992) PCDD und PCDF in Klärschlämmen und Böden, eine Bestandsaufnahme. In „Symposium Industrieabwässer“ 1992

KTBL (2002): Kuratorium für Technik und Bau in Gartenbau und Landwirtschaft e.V. (Hrsg.): Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung der Umwelt- und Verbraucherschutz. Wissenschaftliche Anhörung BMU/BMVEL 25.-26. Oktober 2001 in Bonn. KTBL-Schrift 404, Darmstadt

Küchler, T.; Schnaak, W.; Kujana, M.; (1994): Abbau und Dynamik von Tensiden im Boden sowie Wechselwirkungen mit anderen Schadstoffen. In “Tätigkeitsbericht Fraunhofergesellschaft”

LANU, S.-H. (2003): Vorschlag zur Begrenzung des Eintrages von Schadstoffen bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Ministerium für Umwelt, Naturschutz, und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.)

Merkel, D.; Appuhn, H.; (1996): Untersuchungen von Klärschlämmen und Böden auf Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP). KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 43 (4), 578-585

Mieure, J. P.; Waters, J.; Holt, M.S.; Matthijs, E.; (1990): Terrestrial safety assessment of linear alkylbenzene sulfonate. Chemosphere (21), 251-262

Mönicke, R. (2005): Klärschlamm – ein dringend benötigter preisgünstiger Ergänzungsdünger. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 52 (10), 1108-1113

Müller, G.; Schmitz, W.; (1985): Halogenorganische Verbindungen in aquatischen Sedimenten: anthropogen und biogen. Chemiker-Zeitung (12), 415-417

MUNLV (2003): Bewertungskonzept zur Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen bei der Düngung. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.)

Nkusi, G., Schöler, H.F.; Müller, G.; (1994): Überblick zum Vorkommen biogener halogenorganischer Verbindungen (BHOV). In "Geowissenschaften und Umwelt" (Matschullat u. Müller, ed.), 151-158. Springer Verlag

Rippen, G.: (2001) Handbuch Umweltchemikalien, ecomed-Verlag, Loseblattsammlung, 54. Ergänzungslieferung

Schaecke, B.; Kape, E.; Pöplau, R.; (2005a): Bewertung der in der Diskussion befindlichen neuen Schadstoffgrenzwerte für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in Mecklenburg-Vorpommern. Teil I: Schwermetalle. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 52 (9), 1011-1017

Schaecke, B.; Kape, E.; Pöplau, R.; (2005b): Bewertung der in der Diskussion befindlichen neuen Schadstoffgrenzwerte für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in Mecklenburg-Vorpommern. Teil II: Organische Schadstoffe. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 52 (11), 1243-1251

Schulze-Rettmer, R. (2001): Ist AOX noch sinnvoll? KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 48 (11), 1602-1614

Stock, H.-D. Alberti, J.; Reupert, R.R.; Hoffmann-Nogai, L.; Oberdörfer, M.; Delschen, T.; (2002): Umweltrelevante Schadstoffe in Klärschlämmen, Dünger und Kompost in Nordrhein-Westfalen. Abfall-Recycling-Altlasten (27),

Thrane, K. E. (1987): Deposition of PAH in the Surroundings of Primary Aluminium Industry. Water Air Soil Pollut. (33), 385-393

UBA/BMU: Daten zur Dioxinbelastung der Umwelt. 3. Bericht der Bund/Länder Arbeitsgruppe DIOXINE, Umweltbundesamt, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2849.pdf>

UBA (2002): Zur einheitlichen Ableitung von Schwermetallgrenzwerten bei Düngemitteln, Umweltbundesamt, Berlin

VDLUFA/DWA (2003): Eckpunkte der gemeinsamen von VDLUFA und ATV-DVWK getragenen Gütesicherung zur landbaulichen Verwertung von Klärschlamm, Hennef

Witte, H.; Langenohl, T.; Offenbacher, G.; (1989): Untersuchungen zum Eintrag von organischen Schadstoffen in Boden und Pflanze durch die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung. UBA-Texte 26/89: Bericht zum UBA-Forschungsvorhaben Nr. 10301249.

7 Anhang

Tab. 6: Nährstoffgehalte in kg/t TM in hessischen Klärschlämmen 2001*

Nährstoff	Gewogenes Mittel	Minimalwert	Maximalwert
N	28,4	2,7	196
P ₂ O ₅	44	1,5	120
K ₂ O	3,3	0,3	32
MgO	9,8	0,5	184
CaO	156	0,7	539

* Quelle: Regierungspräsidium Kassel

Tab. 7: Statistische Auswertung von ungekalkten BQSD-zertifizierten Klärschlammanalysen aus den Jahren 2005 und 2006, n=280

	Standardabweichung SD	Median	Mittelwert MW	94.45 Perzentil MW+2SD	99.7 Perzentil MW+3SD
% TM	10,7	5,40	12,1	33,5	44,2
% OS	11,7	57,60	56,8	80,2	91,9
pH	1,3	6,90	7,2	9,9	11,3
N % in TM	1,8	4,55	4,7	8,4	10,2
NH ₄ -N	11,0	0,74	1,5	23,6	34,6
P	2,0	4,79	5,0	9,0	11,0
K	0,7	0,42	0,5	1,9	2,6
Mg	1,3	0,88	1,0	3,5	4,8
Ca	4,0	3,07	4,1	12,2	16,2
Pb mg/kg TM	27,1	56	60	114,1	141,2
Cd	0,5	1,1	1,18	2,2	2,8
Cr	28,2	35	38,9	95,3	123,6
Cu	126,8	245	261,0	514,7	641,5
Ni	19,0	27	31,3	69,3	88,3
Hg	0,4	0,4	0,5	1,3	1,7
Zn	241,24	891	903,58	1386,1	1627,3

Tab. 8: Maximale Schwermetallfrachten in g/ha a bei der Ausbringung von Kompost* und gütegesichertem BQSD-Klärschlamm ohne Kalk** (Aufwandmenge jeweils für 3 Jahre) im Vergleich

	Kompost* (30 t TM/ha)	Klärschlamm** (5 t TM/ha)			
		Median	Mittelwert	94.45 Perzentil	99.7 Perzentil
Pb	1000	93	100	190	235
Cd	10	2	2	4	5
Cr	700	58	65	159	206
Cu	700	408	435	858	1069
Ni	350	45	52	116	147
Hg	7	1	1	2	3
Zn	3000	1485	1506	2310	2712
Prozentuale Ausschöpfung der maximalen Schwermetallfracht von Kompost					
Pb		9,3	10,0	19,0	23,5
Cd		18,3	19,7	37,5	46,4
Cr		8,3	9,3	22,7	29,4
Cu		58,3	62,1	122,5	152,7
Ni		12,9	14,9	33,0	42,1
Hg		9,5	12,1	30,7	40,0
Zn		49,5	50,2	77,0	90,4
Durchschnitt		23,7 %	25,5 %	48,9 %	60,6 %

* Unter Ausschöpfung der maximal zulässigen Schwermetallgehalte gemäß BioAbfV Kat. I

** BQSD-Klärschlammanalysen aus 2005 und 2006, n=280