

# MÖGLICHKEITEN UND PROBLEME DER KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG

Matthias Zeßner

## 1.) BEGRIFFE

Neben dem gereinigten Abwasser ist **Klärschlamm** das zweite wesentliche Endprodukt der biologischen Abwasserreinigung. Klärschlamm stellt eine wichtige Stoffsenke dar. Es kann davon ausgegangen werden, daß alle Stoffe, die ins Abwasser, aber auch in die Luft abgegeben werden, zu einem gewissen Prozentsatz im Klärschlamm wiederzufinden sind. Damit stellt Klärschlamm einen wichtigen Indikator für das umweltgerechte Verhalten der Bevölkerung dar.

Da im Klärschlamm auch „**Schadstoffe**“ enthalten sind, ist er oft mit Vorurteilen belastet. Dabei wird jedoch oft nicht berücksichtigt, daß er überwiegend „**Wertstoffe**“ enthält. Bei diesen Bezeichnungen ist jedoch Vorsicht geboten. So muß beachtet werden, daß es keine Stoffeigenschaft ist, ob wir einen Stoff als Schadstoff oder als Wertstoff bezeichnen. Man kann davon ausgehen, daß jeder in der Natur vorkommende Stoff dort auch irgendwo nutzbar gemacht wird, beziehungsweise jeder Stoff, wenn er in einer zu großen Menge am falschen Ort auftritt, Schaden anrichtet.

Die Bezeichnung Wertstoff oder Schadstoff beinhaltet eine Bewertung. Wir werden einen Stoff dann als Wertstoff bezeichnen, wenn wir aus seiner Anwendung einen Nutzen ziehen können. Ein Stoff wird dann als Schadstoff bezeichnet werden, wenn er in einer zu hohen Konzentration am falschen Ort vorhanden ist und dadurch ein Schaden zu befürchten ist.

Wenn wir beim Klärschlamm von Wertstoffen und Schadstoffen sprechen, werden diese Ausdrücke immer in bezug auf eine Verwertung auf der Fläche verwendet. Auch hier sollte der Begriff Schadstoff relativiert werden, das bloße Vorhandensein eines Stoffes macht ihn noch lange nicht zum Schadstoff. Erst die Dosis macht das Gift. So könnten die „Schadstoffe“ Zink und

Kupfer auch als Wertstoffe bezeichnet werden, da sie ja essentielle Spurenelemente darstellen. Es scheint der Ausdruck **potentielle Schadstoffe** daher eher angebracht. Das sind jene Stoffe, auf die bei einer Anwendung auf der Fläche besonders geachtet werden muß, wenn eine Beeinträchtigung von Boden, Pflanze und Grundwasser hintangehalten werden soll.

Für den Erfolg des Gewässerschutzes durch Abwasserreinigung ist eine funktionierende **Klärschlamm Entsorgung** Voraussetzung! Melser und Wessel [1993] stellen fest, daß die Entsorgung des Klärschlammes bedeutet, den Schlamm

- endgültig
- auf Dauer und
- schadlos zu beseitigen

Eine endgültige Entsorgung setzt voraus, daß der Schlamm den Verfügungsbereich des Kläranlagenbetreibers/Klärschlamm Entsorgers endgültig verläßt. Dies wird durch einen Einsatz in der Landwirtschaft erreicht. Bereits bei der Deponierung erhebt sich die Frage, ob diese auf Dauer nicht nur eine Zwischenlagerung darstellt. Jedenfalls keine endgültige Entsorgung stellt eine Verbrennung oder Kompostierung des Schlammes dar, da hier immer Reststoffe anfallen die entsorgt werden müssen. Verbrennung und Kompostierung können daher als Behandlungsschritte nicht jedoch als Entsorgungsmöglichkeiten angesehen werden.

Die dauerhafte Entsorgung des Klärschlammes verlangt, Klärschlammbehandlung und -beseitigung so zu planen und durchzuführen, daß der einmal gewählte Weg „auf Dauer“ erhalten bleiben kann. Heute ist davon auszugehen, daß in den meisten Fällen keine Festlegungen über 15 - 20 Jahre erfolgen können. Neue Entwicklungen können sehr schnell zu einem kurzfristigen Ende der „auf Dauer“ angelegten Entsorgungswege führen.

Eine schadlose Klärschlamm Entsorgung bedingt, daß im ökologischen System keine Störungen bzw. Schäden auftreten, die in Gegenwart oder Zukunft zu besorgen sind. Auch hier ist man nie vor neuen Erkenntnissen gefeit, die zu einem Umdenken der vorgesehenen Entsorgungswege führen können. Es gibt keine Entsorgung ohne Risiko! Dieses gilt es jedoch aufgrund des Wissensstandes möglichst gering zu halten.

## 2.) MÖGLICHKEITEN EINER KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG

Im wesentlichen gibt es derzeit zwei gangbare Wege der Entsorgung von Klärschlamm:

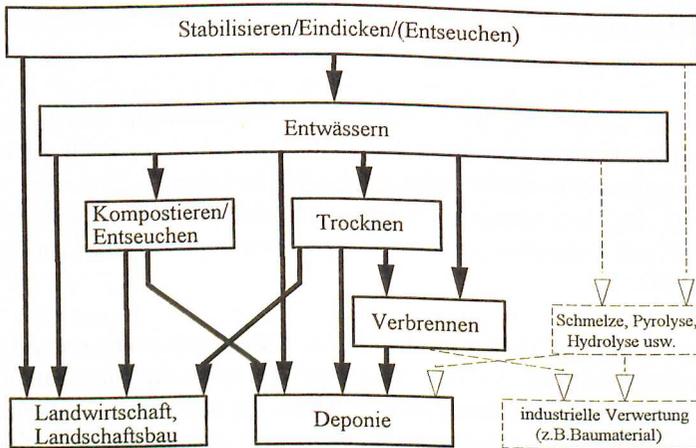
- einerseits die Verwertung der Wertstoffe des Klärschlammes durch Einsatz in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau, wobei es auch zu einer Verteilung potentieller Schadstoffe auf die Fläche kommt, und
- andererseits die konzentrierte Ablagerung und Festlegung potentieller Schadstoffe auf Deponien, wodurch es auch zu einem Verlust an Wertstoffen kommt.

Aufgrund der unterschiedlichen Strategien zur Klärschlamm Entsorgung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Klärschlammbehandlung. Während im Falle einer Deponierung eine möglichst weitgehend Aufkonzentrierung und Inertisierung der abzulagernden Stoffe das Ziel einer Behandlung ist, ist für eine Verwertung eine möglichst weitgehende Rückführung der Wertstoffe anzustreben. Eine Behandlung, die oft zu einem Verlust an Wertstoffen führt, ist daher nur soweit sinnvoll, als sie aufgrund der Anforderungen, die sich durch Lagerung, Transport und Aufbringung ergeben, notwendig ist. Es ist daher für die Wahl der Behandlungsverfahren entscheidend, welche Entsorgungsstrategie angestrebt wird.

Weiters sind als Alternativen zu den oben genannten Strategien noch die Festlegung der potentiellen Schadstoffe und Verwertung der Feststoffe als Bausubstanz, bzw. die Abtrennung und Verwertung von Wertstoffen und Deponierung der Reststoffe im Gespräch. Ob und welche Strategien an Bedeutung gewinnen können, ist schwer abzusehen.

In Abbildung 1 sind die möglichen Behandlungs - und Entsorgungsverfahren für Klärschlamm dargestellt.

Abbildung 1: Mögliche Wege der Klärschlammverwertung und -entsorgung



### 3. MÖGLICHKEITEN UND PROBLEME EINER VERWERTUNG

Unter Verwertung von Klärschlamm kann grundsätzlich der Einsatz in der Landwirtschaft, im Landschaftsbau oder in Baumschulen oder Energieholz-pflanzungen, und in Sonderfällen auch im Wald verstanden werden. Weiters ist eine Verwertung durch Einbau in Baustoffe durch Verglasen oder Schmelze von Klärschlamm und Klärschlammasche bzw. durch den Einsatz in der Zementindustrie oder als Brennstoffsubstitut in Asphaltmischwerken möglich. Auch die Verbrennung von Klärschlamm wird fallweise als thermische Verwertung bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch irreführend, da ein Energieüberschuß bei einer Klärschlammverbrennung kaum extern nutzbar ist. Eine häufig praktizierte Form der Verwertung von Schlamm-inhaltsstoffen stellt die Schlammfäulung mit Methangewinnung dar. Darüberhinaus bestehen Bestrebungen zur Gewinnung von Rohstoffen für die chemische Industrie durch Pyrolyse, Hydrolyse und NaBoxidation.

Zur Zeit kommt jedoch der Verwertung in der Landwirtschaft bei weitem die größte Bedeutung zu, zudem ist dies die einzige Verwertungsform bei der es zu einer Verwertung der Wertstoffe im Kreislauf kommt. Neben der Entsorgung der bei der Abwasserreinigung anfallenden Klärschlämme, ist es das

Ziel eines Einsatzes von Klärschlamm in der Landwirtschaft, Wertstoffe, die die Landwirtschaft über Nahrungsmittel verlassen haben, wieder in den landwirtschaftlichen Kreislauf zurückzubringen. Als Wertstoffe sind vor allem Phosphor, Stickstoff und organische Substanz von Interesse. Im wesentlichen kann der Nutzen von Klärschlamm in der Landwirtschaft in einer Einsparung an Handelsdünger liegen, daneben kann Klärschlamm auch als Humuslieferant von Bedeutung sein. Besondere Bedeutung kommt langfristig vor allem der Rückführung des Phosphors in den Kreislauf zu, da die Phosphorreserven der Erde begrenzt sind, wogegen Stickstoff immer über Fixierung aus der Luft gebunden werden kann. Gesamthaft gesehen kann über Klärschlamm jedoch nur ein geringer Anteil des Nährstoffbedarfes in der Landwirtschaft abgedeckt werden. So könnten in Österreich bei Einsatz des gesamten Klärschlammes in der Landwirtschaft maximal ca. 10% der Phosphor- und ca. 6% Stickstoff-Handelsdünger ersetzt werden [Kroiß, Nagel, 1989]. Regional begrenzt können Klärschlämme allerdings in erheblichem Maße zur Nährstoffversorgung beitragen. Daneben kann auch der Magnesiumgehalt des Klärschlammes nützlich sein. Volldünger stellt Klärschlamm jedoch keinen dar, da zumindest Kalium fast völlig fehlt. Zudem entspricht das Nährstoffverhältnis im Klärschlamm nicht dem Pflanzenbedarf.

Der begrenzende Faktor für den Einsatz von Klärschlamm in der Landwirtschaft und auch im Landschaftsbau ist neben dem Bedarf an Nährstoffen der Gehalt an potentiellen Schadstoffen. So sehr eine Verwertung der Wertstoffe im Klärschlamm den Grundsätzen der Abfallwirtschaft entspricht, so sehr stößt die Verteilung von potentiellen Schadstoffen auf die Fläche auf Kritik. Durch Grenzwerte für potentielle Schadstoffe im Klärschlamm und für Böden und weitere in Bodenschutzgesetz und Klärschlammverordnung enthaltene Regelungen kann bei deren Einhaltung eine Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Produkte und eine Gefährdung des Grundwassers nach heutigem Stand des Wissens vermieden werden. Jedoch ist aus Modellrechnungen bekannt [Brunner, Gajcy, 1989], [Cepuder, Supersberg, 1991], daß bei regelmäßiger Anwendung von Klärschlamm auf der selben Fläche nach den entsprechenden Verordnungen eine Anreicherung von Schwermetallen im Boden zu befürchten ist, welche je nach Parameter zu einem Erreichen der Bodengrenzwerte nach hundert oder deutlich mehr Jahren führen kann. Wegen der extremen Langsamkeit der Veränderung ist jedoch eine akute Gefährdung durch potentielle Schadstoffe auszuschließen und eine laufende

Kontrolle wirksam. Für die Zukunft der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung wird es jedoch langfristig von großer Bedeutung sein, wie weit es gelingt, das Problem der potentiellen Schadstoffe in den Griff zu bekommen. Jedoch sollte auch auf der Schadstoffseite nicht übersehen werden, daß dem Klärschlamm höchstens lokale bis regionale Bedeutung zukommt. Für einen umfassenden Bodenschutz sind Einträge über andere Pfade (vor allem Luft, teils auch Wirtschafts- und Handelsdünger) von wesentlich größerer Bedeutung. So dürfte überregional gesehen der Gesamteintrag von Schwermetallen über die Luft in die Böden je nach Parameter um mehr als eine Zehnerpotenz über der im Klärschlamm enthaltenen Gesamtfracht liegen. Weiters darf nicht vergessen werden, daß es sich bei den Schwermetallen Zn und Cu, welche zu den "potentiellen Schadstoffen" gezählt werden, auch um essentielle Spurenelemente für Pflanze, Tier und Mensch handelt. Zudem entstammt der Gehalt an Zn und Cu im Klärschlamm zu einem nicht unerheblichen Anteil aus den menschlichen Ausscheidungen. In Mangelgebieten könnte daher sogar eine Rückführung dieser Stoffe in die Landwirtschaft wünschenswert sein.

Die Frage, ob eine Verwertung in der Landwirtschaft in nasser, entwässerter, kompostierter oder getrockneter Form erfolgen soll, erscheint zweitrangig. Hier ist es von den regionalen Gegebenheiten, wie Transportentfernungen zu Verwertungsflächen oder Aufnahmebereitschaft in der Landwirtschaft, abhängig, ob der zum Teil erhebliche zusätzliche Aufwand (finanziell, energetisch und an Material) für einen Entwässerung, Kompostierung oder gar Trocknung gerechtfertigt erscheint.

Die Möglichkeiten für eine landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm erscheinen vor allem in ländlichen Gebieten günstig. Hier ist die örtliche Nähe zu den benötigten Flächen oftmals gegeben, sodaß oft auch eine Naßschlammaufbringung möglich ist, durch die bei geringem Behandlungsaufwand der größte Düngeeffekt erreicht werden kann. Ist jedoch eine landwirtschaftliche Verwertung aufgrund geänderter Vorgaben nicht mehr möglich, so wird vor allem im ländlichen Raum bei dezentralen Lösungen der Aufwand für Behandlung und Transport des Klärschlammes stärker steigen als bei einer Abwasserreinigung in größeren Einheiten (siehe auch Punkt 5.)

Auch wenn die Möglichkeit besteht, daß die Klärschlammqualität durch Einzeleinleitungen beeinträchtigt wird, läßt sich die Annahme nicht bestätigen, daß grundsätzlich die Belastung mit potentiellen Schadstoffen in Ballungsgebieten mit Industrieinleitungen höher ist als im ländlichen Bereich. So können auch die Klärschlämme aus Ballungsräumen vielfach die Anforderungen für eine landwirtschaftliche Verwertung erfüllen, beziehungsweise im ländlichen Bereich erhöhte Belastungen auftreten.

Im Folgenden sind die Voraussetzungen die für eine landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm gegeben sein müssen zusammengefaßt:

- Zusammenarbeit Kläranlagenbetreiber - Landwirtschaft.
- entsprechende Klärschlammqualität (Nährstoffe und potentielle Schadstoffe  $\Rightarrow$  Bodenschutzgesetz, Klärschlammverordnung),
- ausreichend zur Verfügung stehende Flächen, die für die Klärschlamm-aufbringung geeignet sind (Bodenschutzgesetz, Klärschlammverordnung),
- Nährstoffbedarf auf diesen Flächen (Konkurrenz zum Wirtschaftsdünger),
- entsprechende Ausrüstung der Kläranlage zur Klärschlammbehandlung und Speicherung, je nach Verwertungsart,
- fachgerechte Durchführung der Verwertung (evt. Beiziehen von Klärschlammberatern)
- Dokumentation über Klärschlammabgaben und deren Auswirkungen auf die Böden.

Zusätzliche Voraussetzungen, um die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung auch längerfristig als ökologisch sinnvolle Möglichkeit der Klärschlammentsorgung zu erhalten:

- Maßnahmen an der Quelle zur weiteren Reduktion des Eintrags von potentiellen Schadstoffen in das Abwasser (Nach Erfolgen bei der Reduktion des Schadstoffeintrages ins Abwasser in den 80er Jahren, dürften jedoch die Möglichkeiten für ein weitere Reduktion wesentlich schwieriger und zudem begrenzt sein.),
- Abwasserentsorgungskonzepte, die auch auf die Anforderungen der Klärschlammverwertung bedacht nehmen,
- Absicherung des Restrisikos der Landwirtschaft,

- Politischer Wille und Akzeptanz in Landwirtschaft und Bevölkerung, um die oben genannten Maßnahmen und die Verwertung selbst durchzusetzen.

Folgende Vorteile einer landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gegenüber einer (Verbrennung und anschließender) Deponierung können angeführt werden:

- Ressourcenschonung (Energie, Nährstoffe - Phosphor),
- Einsparung von Deponievolumen,
- geringere Kosten für Klärschlammbehandlung und Entsorgung (Pkt 5.),
- finanzielle Ersparnis beim Düngeaufwand für den Landwirt,
- geringer technischer Aufwand (keine neuen Stoffströme),
- Ansporn zur Indirekteinleiterkontrolle, die auch dem Gewässerschutz zu Gute kommt.

Folgende Nachteile einer landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gegenüber (Verbrennung und anschließender) Deponierung müssen berücksichtigt werden:

- hoher organisatorischer Aufwand,
- verbleibendes Restrisiko für Klärschlamm verwertende Landwirte und landwirtschaftliche Flächen (Dabei ist jedoch zu bedenken, daß für die Verwertung des gesamten Klärschlammes z.B. in Niederösterreich und im Burgenland nur ca. 2 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt würden, im österreichischen Durchschnitt wären es in etwa 3,5%).

Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ist vorrangig keine "technische Lösung", sondern vor allem ein Programm, zu dessen Umsetzung ein politischer Wille sowohl bei Entscheidungsträgern als auch bei der Bevölkerung erforderlich ist. Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung von gering belasteten Klärschlämmen stellt eine ökologisch sinnvolle Form der Klärschlamm Entsorgung dar und sollte auch weiterhin angestrebt werden.

Als Alternative dazu könnte Klärschlamm auch in vielen Fällen den Torfeinsatz im Landschaftsbau substituieren. Durch Klärschlamm-Beimengung kann die Wasserkapazität und die Erosionsstabilität von Rohböden signifikant

verbessert werden. Diese Effekte treten allerdings erst bei sehr hohen Gaben (>30 t TS/ha) auf. Der "Düngerwert" des Klärschlammes ist im Landschaftsbau im Vergleich zur bodenverbessernden Wirkung wenig relevant, zumal eine Ertragssmaximierung oftmals sogar unerwünscht ist [Muhar, 1992]. Limitierend erscheint auch hier die Schadstoffproblematik.

Bei einer Verwertung durch Einbau in Produkte der Industrie (Zementfabrik, Asphaltmischanlagen) ist zu beachten, daß die Entsorgungssicherheit bei diesen Methoden gering bleiben muß, weil die Industrie aus Gründen ihrer Dynamik keine langfristigen Verträge schließen kann, die einklagbar sind (Markt, Insolvenz). Klärschlamm Entsorgung bleibt eine "ewige" Sorge, industrieller Erfolg ist dagegen an kurzfristige Entscheidungen gebunden. Eine Mit-Verbrennung in Kohlekraftwerken und Einsatz der Schlacke als Baustoff bietet dagegen eine größere Entsorgungssicherheit.

Auch eingeschmolzener, verglaster Klärschlamm, oder weiterbehandelte Klärschlamm asche können in Baumaterialien verarbeitet werden. Entscheidend für die Zukunft wird für diese Methoden sein, wie weit der energetische Aufwand durch den Ersatz anderer Rohstoffe gerechtfertigt wird. Weiters wird von Bedeutung sein, wie weit die Fixierung von umweltrelevanten Spurenelementen geht, oder ob es langfristig zu einer Remobilisierung kommen kann. Alles in allem sind diese Verfahren in Entwicklung, könnten aber zukünftig Bedeutung erlangen. Auch die Gewinnung von Rohstoffen für die chemische Industrie durch Pyrolyse, Naßoxidation und Hydrolyse ist derzeit noch im Entwicklungsstadium, zudem ist die Wirtschaftlichkeit (Energieeinsatz) und Entsorgungssicherheit dieser Verfahren prinzipiell fraglich.

#### **4. MÖGLICHKEITEN UND PROBLEME EINER DEPONIERUNG**

Ziel einer Deponierung ist das Ausschleusen und konzentrierte Ablagern von Abfallstoffen. Von den derzeit gängigen Behandlungsmethoden entspricht nur die Verbrennung mit Ablagerung der (verfestigten bzw. geschmolzenen) Asche dem Endlagerprinzip, wonach nur inertisiertes Material ohne Langzeitauswirkungen abgelagert werden soll. Die Ablagerung von entwässertem, getrocknetem oder kompostiertem Schlamm stellen Kompromißlösungen dar,

die aufgrund der geringen Akzeptanz, der hohen Kosten für Verbrennungsanlagen und der fehlenden Verbrennungskapazität oftmals notwendig sind.

Entwässerter Klärschlamm kann gemeinsam mit Hausmüll deponiert oder auf eine Monodeponie, auf der nur Schlamm abgelagert wird, verführt werden. Begrenzende Faktoren für eine Ablagerung von entwässertem Klärschlamm sind neben dem vorhandenen Deponievolumen der negative Einfluß auf die Standfestigkeit einer Deponie und die Forderung nach Reaktionsarmut, die für einen entwässerten Schlamm nicht gegeben ist. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens können auf einer Hausmülldeponie etwa 10% des Müllgewichtes an entwässertem Schlamm ohne Beeinträchtigung des Deponiebetriebes untergebracht werden. Dabei ist vor allem eine ausreichende Festigkeit des Schlammes für die Standfestigkeit einer Deponie entscheidend. Im allgemeinen ist daher ein Feststoffgehalt von mindestens 35% einzuhalten. Mehr über die Festigkeit von Klärschlamm bei Deponierung sagt jedoch die Bestimmung der Flügelscherfestigkeit aus. Eine Monodeponie kann auch als Zwischenlagerung angesehen werden, auch hier ist auf die Standfestigkeit der Deponie und eine entsprechende Sickerwasserbehandlung zu achten. Der Entsorgungsweg Entwässerung - Deponierung wird als raschster Ausweg derzeit häufig angewandt. Da jedoch nur mehr wenig Deponievolumen zur Verfügung steht, ist dieser Weg zukünftig weder als gesichert anzusehen noch entspricht er dem Konzept für Endlager, wird aber als Notmaßnahme sicher nicht sobald zu umgehen sein.

Auch die Ablagerung von kompostiertem Klärschlamm entspricht nicht dem Endlagerprinzip. Wenn eine Verbrennung, aus welchen Gründen auch immer, nicht möglich ist, kann jedoch eine Deponierung von kompostiertem Schlamm eine Alternative zu einer Ablagerung von entwässertem Schlamm sein, vor allem dann wenn die Möglichkeit einer gemeinsamen Kompostierung mit Hausmüll besteht. Hier ist jedoch zu beachten, daß auch diese Vorgangsweise nicht den Zielen der Abfallwirtschaft entspricht, da hier eine getrennte Sammlung und Verwertung der biogenen Hausmüllfraktion angestrebt wird. Daneben kann kompostierter Schlamm auch bei der Abdeckung von Deponien eingesetzt werden.

Eine Trocknung von Klärschlamm kann wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn sie aufgrund knapper Deponievolumina und hoher Deponiekosten rentabel wird,

zudem kann bei weiten Transportwegen Transportvolumen gespart werden. Das Problem der Schaffung überwachungsbedürftiger Altlasten bleibt bei einer Deponierung von getrocknetem Schlamm bestehen.

Für die Verbrennung gilt in verstärktem Maße, daß sie nur in großen Einheiten ( $\geq 2 \text{ t TS/h}$ ) technisch und wirtschaftlich beherrschbar ist. Sie ist daher nur auf sehr großen Kläranlagen oder als zentrale Einheit für große Regionen einsetzbar. Vor allem das Problem der Rauchgasreinigung ist nur in großen Einheiten sinnvoll zu lösen. Es ist auch zu beachten, daß eine Verbrennungsanlage zur Klärschlammverbrennung über längere Zeit auch entsprechende Schlammengen benötigt um wirtschaftlich betrieben werden zu können. Neben der alleinigen Verbrennung von Klärschlamm erscheint die Mitverbrennung in Kraftwerken oder mit der Restmüllfraktion als eine Möglichkeit für die Zukunft.

Bei konsequenter Verfolgung der Strategie der konzentrierten Ablagerung stellt die Verbrennung mit Verfestigung oder Einschmelzung der Asche den entscheidenden Schritt zur Inertisierung der abzulagernden Stoffe dar. Die Zukunft der Verbrennung von Klärschlamm dürfte weitgehend von der Akzeptanz in der Bevölkerung und der Durchsetzung von Verbrennungsstandorten abhängen.

Grenzen sind der Strategie der konzentrierten Ablagerung durch den hohen finanziellen, materiellen und energetischen Aufwand oder, wenn bei der Behandlung gespart wird, durch begrenzte Deponievolumina und die Schaffung von überwachungsbedürftigen Altlasten gesetzt. Zudem können durch Betrieb von Behandlungsanlagen (vor allem Verbrennungsanlagen und Deponien) sekundäre Umweltprobleme entstehen. Die Abluft- und die Sickerwasserproblematik dürften nach dem Stand der Technik weitgehend in den Griff zu bekommen sein, jedoch wird dadurch der Aufwand weiter erhöht. Auch ist zu berücksichtigen, daß auch die Herstellung von z.B. Verbrennungsanlagen zu Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung führt.

Voraussetzungen für eine Deponierung:

- Ausreichend Deponievolumen auf einer gesicherten Deponie,

- Entsprechende Vorbehandlung des Schlammes (Feststoffgehalt, Scherfestigkeit, Reaktionsarmut bzw. geringe oTS, Immobilisierung der Inhaltsstoffe),
- Akzeptanz für Deponiestandorte und Behandlungsanlagen.

Vorteile gegenüber einer landwirtschaftlichen Verwertung:

- konzentrierte Sammlung + Ablagerung und evt. Zerstörung potentieller Schadstoffe,
- Reduktion der Belastung von Böden.

Nachteile gegenüber einer landwirtschaftlichen Verwertung (unterschiedliche Gewichtung, je nach Vorbehandlung):

- erhöhter maschineller und energetischer Aufwand,
- erhöhter Transport,
- erhöhte Kosten,
- Verlust an Deponievolumen,
- Verlust an Wertstoffen,
- geringer Anreiz zur Reduktion des Eintrags von Schadstoffen in das Abwasser,
- sekundäre und tertiäre Umweltbeeinträchtigungen durch Deponien und Behandlungsanlagen (Sickerwasserbelastung durch Schadstoffe, Abluftproblematik, Altlasten), auch hier kann ein verbleibendes Restrisiko nie ganz ausgeschaltet werden.

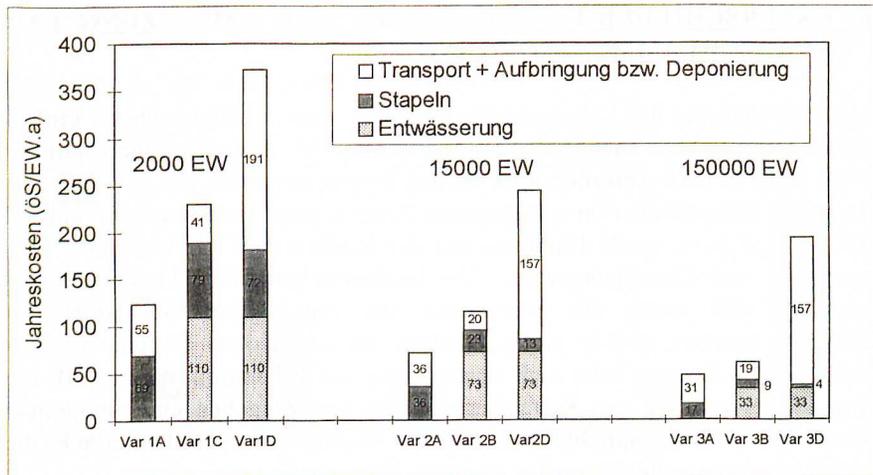
Es ist nicht anzunehmen, daß auf eine Ablagerung von Klärschlamm oder dessen Reststoffen in Zukunft verzichtet werden kann, da immer Schlämme anfallen werden, die landwirtschaftlich nicht verwertet werden können. Zudem sollte eine Klärschlammensorgung immer auf "zwei Beinen" stehen und der zukünftige Einsatzbereich alternativer Verwertungsmethoden ist derzeit kaum vorherzusehen.

## **5. KOSTEN**

Auf den Kostenvorteil einer landwirtschaftlichen Verwertung gegenüber einer Deponierung wurde bereits hingewiesen. Um diesen zu verdeutlichen sind in Abbildung 2 die spezifischen Jahreskosten (Investitionskosten, Reinvestitionskosten und laufende Kosten berechnet nach LAWA [1993])

für Schlamm-speicherung, Schlamm-entwässerung und Transport + Ausbringung inklusive Boden und Klärschlamm-untersuchungen bzw. Transport + Deponierung von Fallbeispielen dargestellt. Dabei werden beispielhaft die Kosten für eine Flüssigschlamm-Verwertung, eine Verwertung von entwässertem Schlamm und eine Deponierung von entwässertem Schlamm für drei verschiedene Kläranlagen-größen (2000, 15000 und 150000 EW) verglichen.

Abbildung 2: Kostenvergleich verschiedener Entsorgungsmöglichkeiten



- A Flüssigschlamm-Verwertung
- B Verwertung nach stationärer Entwässerung
- C Verwertung nach mobiler Entwässerung
- D Deponierung nach Entwässerung

Vor allem bei kleineren Anlagen (2000 EW) zeigen sich deutliche Kostenvorteile für eine Naßschlammaufbringung gegenüber einer Entwässerung, wobei hier eine Entwässerung mit einer mobilen Presse angenommen wurde. Im Falle einer Deponierung wurden der Berechnung Deponiekosten von öS 2000,- pro Tonne Schlamm zugrunde gelegt. Hier fällt neben den hohen Deponiekosten jedoch auch der hohe finanzielle Aufwand für eine Entwässerung stark ins Gewicht.

Im Fall von größeren Anlagen nimmt der Kostenvorteil einer Naßschlammausbringung gegenüber einer Verwertung nach (stationärer) Entwäs-

serung stark ab und die Transportentfernung für eine Ausbringung geht stark in den Kostenvergleich ein. Zusätzliche Kosten im Falle einer Deponierung ergeben sich hier vor allem durch die hohen Deponiekosten, die zum Teil bereits heute Realität sind, jedoch in Zukunft vermehrt anzunehmen sind. Zudem ist durch die erhöhte Anforderung an die Behandlung (Verbrennung) vor einer Deponierung in Zukunft mit einer weiteren Erhöhung der Kosten für diesen Entsorgungspfad zu rechnen.

## 6. UNTERSCHIEDLICHE STRATEGIEN ZUR UMSETZUNG DER KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG

Die Probleme bei der Klärschlamm Entsorgung sind in Österreich, in großen Teilen Europas aber auch in den USA grundsätzlich ähnlich gelagert: auf der einen Seite höhere Anforderungen an den Gewässerschutz, die eine Vermeidung von Klärschlamm im kommunalen Bereich unmöglich machen, und auf der anderen Seite große Probleme mit der Realisierung der einzelnen Verwertungs- und Entsorgungswege. Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung stößt durch die Problematik der potentiellen Schadstoffe an Grenzen, daneben wird in vielen Ländern das vorhandene Deponievolumen knapp und außerdem setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, daß die direkte Deponierung von Klärschlamm nicht den Vorgaben einer modernen Abfallwirtschaft entspricht, und für die Verbrennung fehlt vielfach die Möglichkeit bzw. die Akzeptanz in der Bevölkerung.

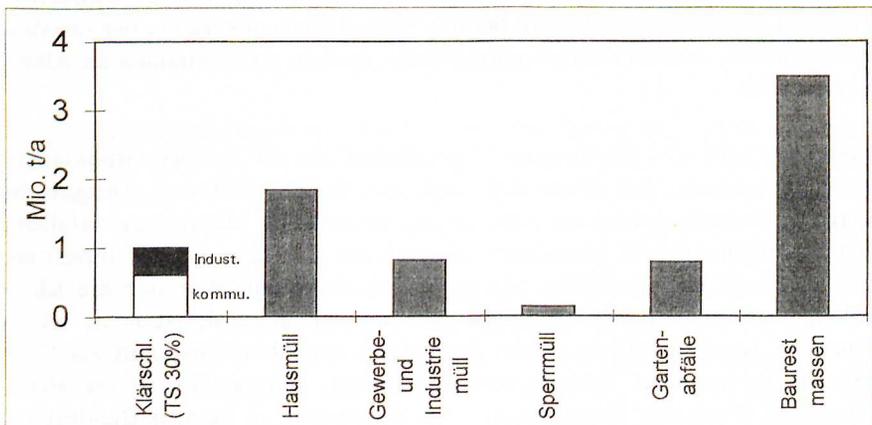
### **6.1. Österreich**

#### **Entsorgungssituation**

Österreichweit liegt der Schlammanfall aus kommunalen Kläranlagen, an die zum Teil auch große Industriebetriebe angeschlossen sind, bei rund 180.000 t TS/a. Aus Industriekläranlagen, vor allem der Papier- und Zellstoffindustrie, stammen weitere 135.000 t TS/a [Nowak O., 1993], womit sich für Österreich derzeit ein jährlicher Gesamtschlammanfall von etwas mehr als 300.000 t Trockensubstanz ergibt.

Folgend Zahlen sollen die Bedeutung des Klärschlammes in der gesamten Abfallproblematik verdeutlichen. Nimmt man eine Entwässerung auf 30 % TS an, so beträgt der Klärschlammanfall aus kommunalen Kläranlagen bezogen auf die Gesamtbevölkerung 80 kg/E.a. Die Anfallmengen entsprechen damit etwa den Mengen der biogenen Müllfraktion bzw. ca. einem Drittel des Hausmüllaufkommens und stellen damit eine beachtliche Größe dar. Vergleicht man jedoch den Klärschlammanfall mit dem Aufkommen an gesamten Abfällen inklusive Industrie und Gewerbemüll und Baurestmassen (Abbildung 3) so zeigt sich, daß der Klärschlamm nur ein relativ bescheidener Teilaspekt der gesamten Abfallproblematik ist.

Abbildung 3: Abfallmengen in Österreich



Auch im Vergleich zu den bei der Viehhaltung anfallenden Wirtschaftsdüngern stellt der Klärschlamm einen eher bescheidenen Stoffstrom dar.

Bei der Klärschlammensorgung werden in Österreich derzeit im wesentlichen folgende Wege beschritten:

- Deponierung von entwässertem (fallweise kompostiertem) Schlamm,
- Deponierung der Reststoffe nach Verbrennung,
- landwirtschaftliche Verwertung.

Daneben wird ein Teil des Klärschlammes auch zur Rekultivierung im Landwirtschaftsbau verwendet und ein weiterer Teil wird auf Grund des Fehlens einer geeigneten Entsorgungsmöglichkeit auf den Kläranlagen zwischengelagert.

Der größte Teil des in kommunalen Anlagen anfallenden Klärschlammes (rund 40%) wird derzeit - zumeist in entwässerter Form - deponiert. Auch der Schlamm einiger Industriekläranlagen wird deponiert. Jedoch ist in vielen Regionen das Deponievolumen nur beschränkt. Findet nun ein Kläranlagenbetreiber auch keine Abnehmer in der Landwirtschaft, so wird Klärschlamm häufig auf der Kläranlage zwischengelagert. [Nowak O., 1993]

Trotz der Verknappung des Deponievolumens und dem Widerspruch zu den Grundsätzen der Abfallwirtschaft wird die Deponierung von entwässertem Schlamm zumindest mittelfristig bei der Klärschlamm Entsorgung der meisten Bundesländer weiterhin eine wichtige Rolle spielen, da es vielfach an Alternativen fehlt.

Verbrannt wird der "kommunale Klärschlamm" beider Wiener Großkläranlagen (Simmering und Blumental) und der Schlamm zweier Anlagen in Kärnten. Dadurch werden ca. 36% des in kommunalen Kläranlagen anfallenden Schlammes erfaßt. Daneben wird auch der Schlamm einiger Industrieanlagen direkt im jeweiligen Industriebetrieb verbrannt. Wie sich die Klärschlammverbrennung in Österreich weiterentwickeln wird, ist noch offen. Einerseits wäre sie auf Grund der Grundsätze der Abfallwirtschaft als Vorbehandlung vor einer Deponierung erforderlich, andererseits ist sie abgesehen von Wien und Kärnten kurz- bis mittelfristig in keinem Bundesland gesichert, da eine Durchsetzung möglicher Verbrennungsstandorte derzeit sehr schwer möglich ist.

Der Klärschlamm von mehr als der Hälfte der kommunalen Kläranlagen Österreichs wird in der Landwirtschaft und bei der Rekultivierung eingesetzt. Mengenmäßig werden damit jedoch nur etwas mehr als 20 % des in kommunalen Anlagen anfallenden Klärschlammes "stofflich verwertet" [Nowak O., 1993].

## Rechtliche Vorgaben

Die Klärschlamm Entsorgung liegt im Spannungsfeld zwischen den Regelungen von:

- Wasserrechtsgesetz,
- Abfallwirtschaftsgesetz (incl. Deponieverordnung) und
- Regelungen in Bezug auf Landwirtschaft und Bodenschutz (Bodenschutzgesetz inkl. Klärschlammverordnung, Düngemittelgesetz, ÖPUL)

Das **Wasserrechtsgesetz** gibt durch das Reinhaltegebot (§ 30) für Gewässer die Notwendigkeit der Abwasserreinigung und damit auch für die Klärschlamm Entsorgung vor. Dem Reinhaltegebot kann nur durch eine gesicherte Klärschlamm Entsorgung nachgekommen werden.

Im **Abfallwirtschaftsgesetz** werden die Grundsätze der Abfallwirtschaft vorgegeben. Demnach hat eine Vermeidung von Abfällen vor einer Verwertung und diese vor einer Ablagerung nach entsprechender Vorbehandlung zu erfolgen. Eine Vermeidung von kommunalem Klärschlamm ist bei Einhaltung der Anforderungen des Gewässerschutzes nicht möglich. Hier ist für Klärschlamm die Forderung zur Vermeidung des Eintrages potentieller Schadstoffe in das Abwasser relevant. Entscheidend für die Klärschlamm Entsorgung jedoch ist der gesetzliche Auftrag, wonach eine Verwertung, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, vor einer Entsorgung zu erfolgen hat. Ist eine Verwertung nicht möglich, ist der Klärschlamm möglichst reaktionsarm und konditioniert abzulagern.

Im Entwurf zur **Deponieverordnung** werden Anforderungen an abzulagernde Stoffe vorgegeben. So wird in Zukunft für eine Ablagerung im Sinne der Reaktionsarmut ein Anteil von organischem Kohlenstoff (TOC) von < 5 Masseprozent gefordert werden. Dies wird nur durch Verbrennung oder allenfalls andere aufwendige Behandlungsverfahren einzuhalten sein.

Grundsätzlich ist Klärschlamm aus dem Geltungsbereich des **Düngemittelgesetzes** ausgenommen. Dieses Gesetz enthält jedoch Bestimmungen, wonach das „in Verkehr bringen“ von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultur-

substraten und Pflanzenhilfsmitteln, die Klärschlamm enthalten, bis auf Ausnahmen, die voraussichtlich keine große Bedeutung erlangen werden, verboten ist. Unter „in Verkehr bringen“ wird das Einführen, das Befördern, das Vorrätighalten zum Verkauf, das Feilhalten, das Verkaufen und jedes sonstige Überlassen im geschäftlichen Verkehr verstanden. Eine Ausbringung von nassem oder entwässertem Schlamm auf Felder unter dem Titel der Klärschlammverwertung wird durch dieses Gesetz nicht direkt berührt. Eine Kompostierung, Vererdung oder Trocknung durch Dritte wird, vor allem wenn an eine überregionale Verteilung und Vermarktung des Endproduktes gedacht wird, aufgrund dieses Gesetzes zumindest unter den Bezeichnungen Düngemittel, Bodenhilfsstoff, Kultursubstrat oder Pflanzenhilfsmittel nicht mehr zulässig sein. Wie diese Bestimmungen sich jedoch im Detail auf die Klärschlamm Entsorgung auswirken werden bleibt abzuwarten. Jedenfalls ist ein negativer Einfluß auf die Akzeptanz einer Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft zu befürchten.

Das österreichische Programm zur Umsetzung der EU-Verordnung (Nr. 2078/92) für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren (ÖPUL) enthält Förderungsrichtlinien für eine Extensivierung in der Landwirtschaft. Die im Herbstpaket enthaltenen Maßnahmen für Acker- und Grünland schließen alle als Voraussetzung für eine Förderung eine Aufbringung von Klärschlamm aus. Dieses Klärschlamm aufbringungsverbot auf geförderte Flächen geht über die Vorgaben der EU-Verordnung hinaus und erscheint für einige der Maßnahmen nicht gerechtfertigt. Der Anteil der Ackerflächen, für die eine Förderung angestrebt werden könnte, kann bedeutend sein. Das Ausmaß der Auswirkungen auf eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ist zur Zeit kaum vorherzusagen. Jedenfalls wird durch die Einschränkung der in Frage kommenden Flächen der Spielraum für eine landwirtschaftliche Verwertung stark eingeengt. Dies kann, vor allem in Regionen in denen bereits bisher die Bereitstellung von Flächen Schwierigkeit bereitet, den Weg der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm trotz entsprechender Klärschlammqualität und eines Nährstoffbedarfes ernstlich gefährden.

Die Festlegung der gesetzlichen Regelungen für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung erfolgt auf Landesebene, wobei in einem Großteil der Bundesländer (Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und

Vorarlberg) eigene **Bodenschutz- bzw. Klärschlammgesetze** mit zugehöriger Klärschlammverordnung erlassen wurden. In anderen Bundesländern (Tirol, Salzburg) wird die Klärschlammverwertung über Richtlinien geregelt, für Kärnten bestehen keine eigenen Regelungen und es kommt das ÖWWV-Regelblatt 17 zur Anwendung. Für Wien gibt es keine Regelung, da hier der gesamte Klärschlamm verbrannt wird.

Die in den einzelnen Regelungen festgelegten "Schwermetallgrenzwerte" für Klärschlamm und Boden sind dabei weitgehend ident, während sich der geforderte Analysenaufwand, vor allem bei Bodenuntersuchungen, erheblich unterscheidet.

Einen Sonderfall in bezug auf Schwermetallgrenzwerte stellen die burgenländische Klärschlammverordnung und die neue niederösterreichische Klärschlammverordnung, durch die darin enthaltene Klasseneinteilung der Klärschlämme, dar. In beiden Verordnungen ist eine Klärschlammklasse I angegeben, bei deren Erreichen Klärschlamm wie Dünger verwendet werden kann. In der niederösterreichischen Verordnung darf Klärschlamm der Klasse I in seinen auf die anorganische TS bezogenen Konzentrationen an potentiellen Schadstoffen die durchschnittlichen Oberbodengehalte nicht übersteigen, um so eine Anreicherung im Boden auszuschließen. Die Grenzwerte für die Güteklasse I im Burgenland liegen in der Größe der Bodengrenzwerte, bis auf jenen von Zink, der deutlich darüber liegt. Die Werte für die Güteklasse II in der bgl. Verordnung entsprechen in etwa den Grenzwerten in den anderen Bundesländern, ebenso jene der Qualitätsklasse III in der niederösterreichischen Verordnung. In Niederösterreich soll jedoch ein Aufbringen von Klärschlamm der Qualitätsklasse III nur noch während der nächsten 10 Jahre zulässig sein, danach sollen nur noch Schlämme der Qualitätsklasse II mit deutlich niedrigeren Grenzwerten aufgebracht werden dürfen.

Auch in bezug auf die Bodeneignung stellt die niederösterreichischen Klärschlammverordnung einen Sonderfall dar, wonach eine Einteilung der Böden in Bodeneignungsklassen (sehr gut geeignet, mittel geeignet, bedingt geeignet und ungeeignet) für die Aufbringung von Klärschlamm erfolgen muß. Auf ungeeigneten Böden ist eine Aufbringung von Klärschlamm untersagt und für

eine Aufbringung auf bedingt geeigneten Böden muß der Schlamm zumindest die Klärschlammklasse II aufweisen.

In der oberösterreichischen und der niederösterreichischen Klärschlammverordnung sind auch Grenzwerte für potentielle organische Schadstoffe enthalten, welche aus der deutschen Regelung übernommen wurden. In der Klärschlammverordnung der Steiermark gibt es eine Nachweispflicht für PCB und AOX für Schlämme aus Anlagen > 30.000 EGW.

In bezug auf eine Entseuchung von Klärschlamm, in bezug auf eine Anwendungsbeschränkung auf Grünland und im Feldfutterbau und in bezug auf die Mengen, die pro Hektar aufgebracht werden dürfen, bestehen zum Teil bedeutende Unterschiede in den Regelungen der einzelnen Bundesländer.

### **Klärschlammkonzepte der Bundesländer**

Generell fällt auf, daß über die Möglichkeiten der Klärschlammverwertung sehr unterschiedliche Auffassung herrscht. So scheint der Umfang der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung weniger von den naturräumlichen Gegebenheiten als vielmehr von der Gesetzeslage und von der Meinungsbildung im jeweiligen Bundesland, sowie von der Initiative der Landesbehörde, der Klärschlammberater und der Kläranlagenbetreiber abhängig zu sein. Wie sonst wäre es zu erklären, daß in den beiden am weitesten voneinander entfernten und topographisch sehr unterschiedlichen Bundesländern Vorarlberg und Burgenland derzeit rund 70 %, in Oberösterreich - trotz des hohen Industrieabwasseranteils - rund 40 % des kommunal anfallenden Klärschlammes landwirtschaftlich verwertet werden, während in allen anderen "Flächenbundesländern" maximal etwa ein Viertel des Klärschlammes aus kommunalen Anlagen in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau Verwendung findet? [Nowak O., 1993]

Auch in bezug auf die Zukunft der Klärschlamm Entsorgung und -verwertung sind die Auffassungen in den einzelnen Bundesländern recht unterschiedlich. Dies geht aus den Klärschlammkonzepten der Bundesländer, die bereits entstanden sind oder im Entstehen sind, hervor. Allen Konzepten gemeinsam ist vor allem das grundsätzliche Ja zu einer stofflichen Verwertung des Klärschlammes auf der Fläche - soweit dies möglich ist. Weiters ist ein gewisser

Trend zu einer weitergehenden Behandlung des Schlammes (Kompostierung, Entwässerung, Trocknung), wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, zu erkennen. Wie eine Verwertung von Klärschlamm konkret aussehen soll und wie weit sie gehen soll, darüber gehen die Ansichten jedoch zum Teil sehr stark auseinander.

Im **Burgenland** ist nach wie vor eine hoher Verwertungsgrad von Schlamm in der Landwirtschaft gegeben. Eine landwirtschaftliche Verwertung dürfte auch in Zukunft unverzichtbar sein. Hier laufen Anstrengungen durch organisatorische und technische Maßnahmen die Praxis der Verwertung weiter zu verbessern und dadurch die Akzeptanz für eine Verwertung zu steigern und den hohen Verwertungsgrad aufrecht zu erhalten. Ob eine Verwertung in nasser, entwässerter oder kompostierter Form erfolgt, soll auf die regionalen Gegebenheiten abgestimmt werden. [Amt d. bgld. LRG., 1995]

In **Niederösterreich** ist das Problem der Klärschlamm Entsorgung besonders brennend, da die Entsorgungssicherheit durch Einbrüche bei der landwirtschaftlichen Verwertung und knappe Deponievolumina zum Teil nicht mehr gegeben ist, so daß Klärschlamm auf Kläranlagen zwischengelagert werden muß. Im Folgenden ist der momentane Stand der Überlegungen zur Klärschlammproblematik zusammengefaßt:

Im Jahre 1991 wurde eine Studie "über die ökologischen Zielsetzungen und Möglichkeiten der Verwertung und Entsorgung von Klärschlamm in Niederösterreich" [Biffel, Blum, Ruckebauer, Kroiß, 1991] erstellt. In dieser Studie werden folgende Lösungsansätze vorgeschlagen:

- Grundsätzlich ist die Klärschlamm Entsorgung immer durch mindestens zwei Verwertungs- oder Entsorgungswege abzusichern.
- Kurzfristig bleibt neben der Deponierung nur die land(wirt)schaftliche Verwertung des Klärschlammes als Entsorgungspfad von Bedeutung.
- Eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung erscheint nach heutiger Sicht auf Basis der (alten) NÖ-Klärschlammverordnung für einen Zeitraum von 10 - 20 Jahren möglich.

Im Motivenbericht der neuen Klärschlammverordnung wird die landwirtschaftliche Verwertung für "unbedenkliche" Klärschlämme auch langfristig als Ziel vorgegeben, wobei auch auf eine Regionalisierung der Klärschlammverwertung, das heißt einer Verwertung der Klärschlämme in Einzugsgebiet der Kläranlage, Wert gelegt werden soll. Durch die neue Verordnung soll eine schrittweise Reduktion der Gehalte an potentiellen Schadstoffen in den in der Landwirtschaft verwendeten Schlämmen erreicht werden, wodurch letztendlich auch langfristig eine Anreicherung potentieller Schadstoffe in den Böden vermieden werden soll.

In **Oberösterreich** [Machowetz H.H., 1991] wird die Verwertung von stabilisiertem Schlamm in flüssiger oder entwässerter Form in der Landwirtschaft weiterhin als die 1. Priorität für die nähere Zukunft angesehen.

In der **Steiermark** wird eine Entwässerung aller kommunal anfallenden Schlämme angestrebt und eine direkte Verwertung der entwässerten Klärschlämme in der Landwirtschaft, soweit dies nach den Aufbringungsbedingungen möglich ist, als kurzfristige Übergangslösung angesehen. Darüber hinaus ist ein Umstieg auf Produktverbesserung für den verwertbaren Schlammanteil nach Erfordernis der Landwirtschaft durch Kompostierung vorgesehen. Weiters wird eine Erschließung von zusätzlichen Verwertungskapazitäten für Klärschlammkompost außerhalb der Landwirtschaft angestrebt. [Haluschan A., 1993]

In **Tirol** liegen die "Leitlinien der Tiroler Landesregierung zur Entsorgung des kommunalen Klärschlammes in Tirol" vor. Nach Möglichkeit ist der ökologische Kreislauf zu bevorzugen. Die Ausbringung von Naßschlamm ist unverzüglich einzustellen. Bei flächenhafter Klärschlammverwertung werden die Klärschlämme zumindest gezielt entwässert oder weitergehend aufbereitet (z.B. Kompostierung) werden müssen. Die Qualität von Klärschlamm, Klärschlammprodukten und Ausbringungsflächen wird kontinuierlich kontrolliert werden müssen. Weiters ist die Aufbringung auf landwirtschaftlich genutzte Böden binnen zwei Jahren einzustellen und in der Zwischenzeit sind Alternativlösungen auszuarbeiten. [Hofer, Wildt, 1993] Hier bleibt voraussichtlich der Weg in verschiedenen Formen des Landschaftsbaues.

Auch wenn eine Deponierung von Klärschlamm in entwässerter Form in Zukunft nicht mehr den Anforderungen der Abfallwirtschaft in Österreich entsprechen wird (Deponieverordnung), ist in den meisten Bundesländern keine Alternative für die Entsorgung von Schlämmen, die nicht verwertet werden, in Aussicht. In der Steiermark wird getrachtet, Möglichkeiten zur Zwischenlagerung zu schaffen, bis eine Verbrennungskapazität aufgebaut werden kann. Auch in Oberösterreich wird im Klärschlammkonzept die Möglichkeit einer Verbrennung ins Auge gefaßt. In Salzburg Stadt wird der Schlamm nach Kompostierung mit Hausmüll deponiert, wobei jedoch auch eine Kompostierung als Vorbehandlung vor einer Deponierung den Anforderungen einer Inertisierung nicht gerecht wird.

## 6.2. Klärschlammentsorgung im Ausland

International weisen die Lösungsansätze zur Klärschlammentsorgung ebenfalls Gemeinsamkeiten auf. In Fragen der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung wird nach einem Imageverlust in den 80er Jahren vielfach versucht, einerseits durch Maßnahmen an der Quelle die Klärschlammqualität zu verbessern und andererseits durch verschärfte Anforderungen an den Klärschlamm für die Aufbringung ein etwaiges Risiko in bezug auf die Qualität der Böden zu minimieren, um so die Verbringung auf landwirtschaftlichen Flächen wieder zu einer allgemein anerkannten Möglichkeit der Klärschlammverwertung zu machen. Dabei treten neben den klassischen "Schadstoffen", den Schwermetallen, auch organische Stoffe und hygienische Aspekte vermehrt in den Vordergrund der Betrachtung. Neben der klassischen landwirtschaftlichen Verwertung von flüssigem oder entwässertem Schlamm nimmt das Interesse an einer Verwertung von Schlamm nach einer Vorbehandlung durch Kompostierung oder Trocknung weiter zu. Der Vorteil liegt hier in der Möglichkeit der Hygienisierung und in der Verbesserung der Lagerfähigkeit, außerdem entsteht so ein Produkt, welches sich vor allem auch besser vermarkten lassen könnte, als der mit negativem Image behaftete Klärschlamm. Dies muß jedoch mit einem erhöhten Behandlungsaufwand und zum Teil auch einem Verlust an Wertstoffen des Schlammes bezahlt werden.

Die direkte Deponierung von Klärschlamm wird kurz- bis mittelfristig allgemein noch als notwendiger Entsorgungspfad bestehen bleiben, dürfte aber

längerfristig in vielen Ländern nicht mehr möglich sein, da einerseits Deponievolumen immer knapper wird und andererseits durch den hohen organischen Anteil die zu stellende Forderung nach einem reaktionsarmen Deponiegut nicht erfüllt ist.

Die Deponierung wird daher zukünftig nur noch nach Verminderung der organischen Substanz möglich sein. Die Verbrennung, eventuell mit vorheriger Schlammrocknung, stellt hierzu die gängigste Methode dar. In Zukunft wird daher die Ablagerung der Reststoffe nach einer Klärschlammverbrennung in vielen Ländern längerfristig neben der landwirtschaftlichen Verwertung als zweites Standbein der Klärschlamm Entsorgung angestrebt, wobei das Problem in erster Linie in der Bereitstellung der nötigen Kapazität und in der Akzeptanz der Bevölkerung liegt.

Weiters wird in einigen Ländern auch intensiv über alternative Möglichkeiten der stofflichen Verwertung des Klärschlammes nachgedacht: einerseits bei der Rekultivierung von Flächen, als Bodenverbesserer in Baumschulen oder Energieholzplantagen und gegebenenfalls auch im Wald, andererseits nach einer Verbrennung im Zementofen, in Asphaltmischwerken oder in Großkraftwerken mit Schmelzkammerfeuerung (Deutschland) oder nach direkter Einschmelzung des Klärschlammes (Japan) als Baumaterial.

Nun zu den Besonderheiten der Entwicklung in einigen Ländern im einzelnen:

#### **EU:**

In der EU gilt eine Rückführung der Wertstoffe im Klärschlamm als Bodenverbesserer oder Düngung soweit möglich als ein erklärtes Ziel. Daneben sind auch das Deponieren von Klärschlamm direkt oder nach Verbrennung und bis 1999 auch das Verkippen im Meer akzeptierte Wege der Klärschlamm Entsorgung [EWPCA Workshop, 1991]. Die Rahmenbedingungen für eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung werden in der EU durch eine Richtlinie aus dem Jahre 1986 abgesteckt.

## Deutschland:

In Deutschland ist die Lage der Klärschlammentsorgung besonders prekär, da hier nach wie vor über 50% des Klärschlammes gemeinsam mit Hausmüll oder auf Monodeponien direkt deponiert wird, dieser Entsorgungsweg jedoch mittelfristig durch die neue TA Siedlungsabfall nicht mehr möglich sein wird. Die TA Siedlungsabfall enthält neben anderen Anforderungen an abzulagernde Abfälle auch die Forderung nach einem Anteil an organischer Trockensubstanz von kleiner 5% [Lindner K.-H., 1992], welcher bei Klärschlamm ohne thermische Behandlung (oder anderen aufwendigen Behandlungsschritten) nicht zu erreichen ist.

Weiters enthält die TA Siedlungsabfall auch ein klares Bekenntnis zur stofflichen Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, soweit dies nach den Bestimmungen der Klärschlammverordnung möglich ist. Ziel dieser Klärschlammverordnung ist die Vermeidung bedenklicher Schadstoffanreicherungen im Boden sowie in den darauf erzeugten Nahrungs- und Futtermitteln. Dazu werden Grenzwerte von potentiellen Schadstoffen im Klärschlamm angegeben, wobei in Deutschland auch Grenzwerte für einige potentielle organische Schadstoffe enthalten sind. Diese Grenzwerte sind nicht toxikologisch begründet, sondern es handelt sich um reine Vorsorgegrenzwerte, die so festgelegt wurden, daß auch auf lange Sicht keine bedenkliche Zusatzanreicherung von Dioxinen/Furanen und PCB im Boden erfolgen soll [Bergs C.G., 1993].

Dort, wo es gelingt eine Vertrauensbasis und Zusammenarbeit zwischen Kläranlagenbetreibern oder anderen Klärschlammentsorgern und den Landwirten auf regionaler Ebene aufzubauen, ist die Verwertung nach wie vor möglich, und es ist bereits nach einem Tief Ende der 80er Jahre wieder eine Zunahme der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammmengen zu erkennen. Ein wesentlicher Faktor in der Beziehung zwischen Klärschlammentsorgern und der Landwirtschaft dürfte die Frage nach der Haftung für etwaige Schäden sein, die dem Landwirt durch eine Anwendung von Klärschlamm zustoßen können, sei es durch Wertminderung des Bodens oder Wertverlust seiner Produkte. Die Forderung der Landwirtschaft nach einer Absicherung des Restrisikos scheint in Deutschland à la longue unverzichtbar. Bis es dazu kommt, ist die Absicherung dieses Restrisikos in

worden. Der Fond haftet zur Zeit für eventuelle Schäden im Regelfall bis zur Höhe von 1 Mio DM, in Sonderfällen auch höher. Der Fonds wird durch Einlagen der Klärwerke, die Schlamm an die Landwirtschaft abgeben, finanziell gespeist. [Poletschny H., 1993]

Als Klärschlammbehandlungsschritt scheint in Deutschland die Trocknung stark im Kommen zu sein, da sie eine Hygienisierung und eine Volumsreduktion mit sich bringt, und zudem die Wege zu allen weiteren Verwertungs- und Entsorgungsschritten offenhält.

Bei der Verbrennung liegen die Probleme in Deutschland bei der mangelnden Kapazität für die Klärschlammverbrennung alleine oder gemeinsam mit Müll, bzw. an den, im Falle einer Mitverbrennung in bestehenden Kraftwerken, verschärften Anforderungen an die Abgasreinigung nach der 17. BImSch-Verordnung. Anstrengungen werden auch auf dem Gebiet der Schmelze und Verglasung von Klärschlamm asche zur Verwendung als Baumaterial unternommen.

### **Schweiz:**

In der Schweiz wird nach wie vor 50 % des Klärschlammes landwirtschaftlich verwertet, wobei dieser Stand auch in absehbarer Zukunft gehalten werden könnte. Derzeit erfolgt ein großer Teil der Verwertung in flüssiger Form. Die Verwertung von entwässertem aber auch getrocknetem Schlamm ist jedoch stark im Zunehmen [Candinas T., 1991]. Auch in der Schweiz hängt die Zukunft der landwirtschaftlichen Verwertung stark von der Frage nach den potentiellen Schadstoffen ab. Erfolgen bei der Schwermetallentfrachtung von Schlämmen stehen Zweifel gegenüber, ob diese ausreichen, um eine landwirtschaftliche Verwertung auch langfristig zu sichern. Auch in bezug auf potentielle organische Schadstoffe besteht eine gewisse Verunsicherung. Bei den Grenzwerten für Gehalte in den Klärschlämmen zur landwirtschaftlichen Verwertung wurde bisher neben den herkömmlichen Schwermetallen auch AOX aufgenommen.

Als Entsorgungsweg für Schlämme, die nicht landwirtschaftlich verwertet werden können, soll in Zukunft auch in der Schweiz die Verbrennung mit anschließender Deponierung der Reststoffe (derzeit 20 % der Schlämme)

forciert werden. Daneben ist auch die Mitverbrennung in Zementöfen im Gespräch. Direkt deponiert werden derzeit noch 30 % der Schlämme, doch auch in der Schweiz soll dieser Weg zukünftig nur noch als Notmaßnahme zur Verfügung stehen. [Candinas T., 1991] [Snozzi M., 1989]

### **Dänemark:**

Dänemark setzt stark auf die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm. So nahm die Schlammmenge, die in Dänemark landwirtschaftlich verwertet wird, seit 1987 um 80 % zu. Diese Zunahme ist zu einem Teil auf eine Erhöhung des Schlammanfalles zum anderen Teil aber auch auf eine die Verwertung forcierende Klärschlammpolitik zurückzuführen. So soll in Dänemark zum Beispiel über eine Besteuerung der Verbrennung und der Deponierung von Abfall eine Wiederverwertung in der Landwirtschaft gefördert werden. Eine direkte Deponierung von Klärschlamm auf bestehenden Deponien ist zwar noch möglich, jedoch sollen für Klärschlamm keine Deponien mehr genehmigt werden.

Da Klärschlamm vornehmlich als Phosphordünger zum Einsatz kommt, werden in Dänemark, neben den herkömmlichen auf die Trockensubstanz bezogenen Grenzwerten, für Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber die Grenzwerte für die landwirtschaftliche Verwertung auch auf den Phosphorgehalt bezogen. Für die Aufbringung muß einer der beiden Grenzwerte eingehalten werden. Bei der Festlegung der Grenzwerte wurde darauf geachtet, daß für durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm die auf die Trockensubstanz bezogenen Grenzwerte stenger sind als jene, die im Bezug zum Phosphorgehalt stehen. Daher werden für phosphorarme Schlämme die schärferen Anforderungen wirksam. Für die Beschränkung der Schlammengen, die aufgebracht werden dürfen, gibt es neben der mit 10 t TS/ha.a vergleichsweise hohen Beschränkung über die Trockensubstanz auch noch Beschränkungen über die Nährstoffe und über die mit dem Schlamm eingebrachte Wassermenge.[Grüttner H., 1991]

### **Großbritannien:**

In Großbritannien wird nach wie vor der größte Anteil des Klärschlammes (53%, siehe auch Tabelle im Anhang) in der Landwirtschaft verwertet. Die

neuen Anforderungen für eine Aufbringen sind stark an die EG Richtlinie angelehnt. Bereits der zweitgrößte Teil des Klärschlammes wird durch Verkippen im Meer entsorgt. Dieser Entsorgungspfad steht jedoch nur noch bis in das Jahr 1998 offen und soll danach nicht mehr möglich sein. Die direkte Deponierung von Klärschlamm war in Großbritannien nie von großer Bedeutung und wird auch in Zukunft eher nur als Notmaßnahme weiter bestehen bleiben. Auch das Verbrennen von Klärschlamm mit abschließender Deponierung der Reststoffe war auf Grund der hohen Kosten in Großbritannien bisher nur von untergeordneter Bedeutung. In Zukunft ist jedoch zu erwarten, daß die Verbrennung an Bedeutung gewinnt und an Stelle des Verkippen im Meer treten wird. Wenn auch mengenmäßig derzeit noch nicht von großer Bedeutung, so nimmt in Großbritannien das Interesse an einer stofflichen Verwertung auf nicht landwirtschaftlichen Flächen zu. Neben dem Einsatz von Klärschlamm zur Rekultivierung, wurden auch Versuche für einen Einsatz als Dünger im Wald mit guten Ergebnissen durchgeführt. Die Schwierigkeiten werden hier vor allem bei den Aufbringungsmethoden gesehen. Weiters wird in England Schlamm auch in größeren Mengen auf Landflächen mit bereits erhöhten Schwermetallkonzentrationen im Nahbereich von Kläranlagen aufgebracht. [Matthews P.J., 1991; Andrews D.A., 1993]

### **Schweden, Norwegen, Finnland:**

Auch in Schweden, Norwegen und Finnland wird versucht nach Einbrüchen bei der landwirtschaftlichen Verwertung diese wieder zu forcieren. In Schweden wird hier vor allem auf eine Entfrachtung des Klärschlammes von potentiellen Schadstoffen durch Indirekteinleiterkontrolle und Industrieüberwachung und, wie auch in Finnland, auf eine Verschärfung der Schwermetallgrenzwerte gesetzt. Als Alternative wird in Schweden die Verbrennung, in Finnland und Norwegen eine Deponierung von entwässertem Schlamm gesehen. In Norwegen werden zudem Richtlinien über ein Aufbringen auf forstwirtschaftliche Flächen und in Finnland zur Aufbringung von Klärschlammkomposten in Parkanlagen und Grünflächen ausgearbeitet.

**USA:**

"Sludge is out, biosolids is in", so könnte mit einem Schlagwort die Klärschlammdebatte in den USA charakterisiert werden. Im wesentlichen ist jedoch die Situation ganz ähnlich gelagert wie in Europa: Verwertung in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau so weit möglich als erklärtes Ziel, und daneben Deponierung von entwässertem Schlamm oder nach Verbrennung als die wichtigsten Entsorgungswege derzeit. Verkippen von Klärschlamm im Meer wurde auf Grund des öffentlichen Druckes als Entsorgungspfad mit 1991 durch ein Verbot gestoppt. In den USA sind die Bemühungen groß, Klärschlamm durch Öffentlichkeitsarbeit und Produktverbesserung zu einem für die Landwirtschaft interessanten Produkt zu machen. Bedenken dagegen berufen sich jedoch neben der Diskussion über Schwermetalle und organische Schadstoffe stark auf hygienische Aspekte.

**Japan:**

In Japan ist auf Grund der beengten Platzverhältnisse die Situation der Klärschlammdeponierung etwas anders gelagert als in Europa und den USA. Hier ist bereits heute die Verbrennung mit Deponierung der Reststoffe die gängigste Methode der Klärschlammdeponierung. Daneben wird aber bereits der Einsatz von auf verschiedenste Art weiterverarbeiteter Asche aus der Verbrennung und verglastem Schlamm als Baustoff mit Erfolg angewandt. Auch die Deponierung von überwiegend entwässertem Schlamm ist ein mengenmäßig wichtiger Entsorgungspfad in Japan. Die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft ist in Japan von geringerer Bedeutung. Hier wird vor allem kompostierter Schlamm, aber auch entwässerter Schlamm, verwendet. [Kazuaki S., 1990]

**6.3. Resümee:**

- Die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, aber auch im Landschaftsbau, gilt in den meisten Bundesländern, aber auch international, weiter als wesentlicher Pfad der Klärschlammdeponierung. Als mögliche Verwertungsformen sind einerseits die direkte Verwertung von flüssigem oder entwässertem Schlamm im Gespräch, aber auch die Vermarktung von Klärschlammkomposten oder Klärschlamm-Trocken-

granulaten. Der Trend dürfte derzeit eher zu einer weitergehenden Behandlung des Klärschlammes gehen, obwohl dadurch das Schadstoffproblem meist überhaupt nicht vermindert wird.

- Die direkte Deponierung von Klärschlamm wird im benachbarten deutschsprachigen Ausland (D, CH) in Zukunft nur noch als Notmaßnahme akzeptiert werden. Auch in Österreich ist davon auszugehen, daß sie nur noch eine begrenzte Zeit möglich sein wird. Dennoch gilt sie in den meisten Bundesländern (evt. nach einer Kompostierung) derzeit als wesentlicher Weg der Klärschlamm Entsorgung. Auch in anderen Ländern wie Finnland oder Norwegen sind derzeit noch keine Alternativen zur direkten Deponierung abzusehen.
- Ein Einstieg in die (Mit)Verbrennung von kommunalem Klärschlamm ist in Österreich neben Wien und Kärnten, wo schon verbrannt wird, noch in der Steiermark und in Oberösterreich geplant. In den übrigen Bundesländern ist die Verbrennung derzeit noch nicht vorgesehen. International wollen vor allem Deutschland, Schweiz, Schweden, Japan und eventuell auch Großbritannien in Zukunft (vermehrt) in Richtung Klärschlammverbrennung mit Deponierung der Reststoffe gehen.
- Neben den oben beschriebenen Entsorgungswegen sind noch eine Reihe von Alternativen im Gespräch. Großtechnisch bewährt haben sich jedoch erst wenige davon (z.B. Klärschlamm Schmelze in Japan, Mitverbrennung im Zementofen).

## **7. ABSCHLIESENDE BEMERKUNGEN:**

Abschließend kann festgestellt werden, daß die Frage der Klärschlamm Entsorgung heute eines der ganz großen Probleme des Gewässerschutzes darstellt. Gewässerschutz ohne gesicherte Klärschlamm Entsorgung ist nicht möglich!

Eine Möglichkeit für eine Entsorgung besteht in einer Verwertung auf der Fläche. Wenn die Voraussetzungen dafür nicht gegeben sind, ist eine Ablagerung nach Verbrennung die geeignete Alternative für die Zukunft. Wenn nun

die Möglichkeiten für Verwertung auf der Fläche durch Regelungen in Bezug auf Landwirtschaft und Bodenschutz unterbunden werden, eine Ablagerung von entwässertem Schlamm nicht den Anforderungen der Abfallwirtschaft entspricht und eine Verbrennung an der Akzeptanz in der Bevölkerung scheitert, ist die Klärschlamm Entsorgung nicht mehr als gesichert zu erachten. Im Sinne eines Interessensausgleiches müssen hier Möglichkeiten offen gehalten werden.

Für die Zukunft ist eine Verwertung in der Landwirtschaft weiter anzustreben. Mitentscheidend dafür wird sein, wie weit es gelingt Zusammenarbeit und Vertrauen zwischen Kläranlagenbetreibern, Landwirtschaft und Bevölkerung zu erhalten und zu schaffen, sodaß einerseits der Gewässerschutz und damit die Klärschlamm Entsorgung als gemeinsame Aufgabe angesehen wird, aber andererseits auch die Anforderungen der Landwirtschaft Berücksichtigung finden. Dort wo dies der Fall ist, ist heute eine landwirtschaftliche Verwertung möglich.

Die Entwicklung und Erprobung neuer Wege bei der Klärschlamm Entsorgung ist eine Aufgabe für die Zukunft. Dabei ist jedoch immer zu beachten inwieweit ein zusätzlicher Behandlungsaufwand durch einen Nutzen für die Umwelt gerechtfertigt erscheint. So wird es in Zukunft vermehrt Aufgabe sein, unsere Ziele mit einem möglichst geringen materiellen, energetischen und damit auch finanziellen Aufwand zu erreichen.

**8. TABELLEN**

Tabelle: Klärschlammengen und Art der Entsorgung aus kommunalen Kläranlagen in Österreich

|            | Jahr | Menge<br>(t TS/a) | Landw.<br>(%)      | Deponie<br>(%)   | Verbr.<br>(%) | Sonstige <sup>1)</sup><br>(%) |
|------------|------|-------------------|--------------------|------------------|---------------|-------------------------------|
| Burgenland | 1993 | 7700              | 73                 | 20 <sup>2)</sup> |               | 7                             |
| Kärnten    | 1991 | 6600              | 14                 | 51               | 32            | 3                             |
| NÖ         | 1990 | 18500             | 8                  | 58               |               | 34 <sup>3)</sup>              |
| OÖ         | 1991 | 28700             | 38                 | 62               |               |                               |
| Salzburg   | 1989 | 8200              | 27                 | 67 <sup>4)</sup> |               | 6                             |
| Steiermark | 1991 | 24500             | 17,5               | 71               |               | 11,5                          |
| Tirol      | 1991 | 13000             | 9                  | 79               |               | 12                            |
| Vorarlberg | 1992 | 9700              | 72,5 <sup>5)</sup> | 27,5             |               |                               |
| Wien       | 1992 | 62900             |                    |                  | 100           |                               |
| Österreich |      | 179800            | 18                 | 39               | 36            | 7                             |

<sup>1)</sup> Landschaftsbau, Rekultivierung usw. <sup>2)</sup> teils Zwischenlager <sup>3)</sup> überwiegend auf den Kläranlagen zwischengelagert <sup>4)</sup> überwiegend durch Kompostierung vorbehandelt <sup>5)</sup> inkl. Rekultivierung

Tabelle: Klärschlammengen und Entsorgung international

|            | Jahr               | Menge<br>(t TS/a)    | Landw.<br>(%)    | Deponie<br>(%) | Verbr<br>(%) | Sonstige <sup>3)</sup><br>(%) |
|------------|--------------------|----------------------|------------------|----------------|--------------|-------------------------------|
| Österreich |                    | 178500 <sup>1)</sup> | 18               | 39             | 36           | 7                             |
| BRD        | 1991               | 2 750 000            | 25               | 55             | 15           |                               |
| Schweiz    | 1991               | 215 000              | 50               | 30             | 20           |                               |
| Schweden   | 1987               | 180 000              | 46               | 46             |              | 8                             |
| Schweden   | 1990 <sup>2)</sup> |                      | 15               | 70             |              | 15                            |
| Dänemark   | 1987               | 135 000              | 36               | 28             | 27           | 9                             |
| Finnland   | 1987               |                      | 50               | 25             |              | 25                            |
| England    | 1989               | 958 000              | 53               | 16             | 7            | 24 <sup>4)</sup>              |
| Frankreich | 1984               | 850 000              | 28               | 52             | 20           |                               |
| Italien    | 1984               | 800 000              | 34               | 55             | 11           |                               |
| Japan      | 1988               | 1 350 000            | 12 <sup>5)</sup> | 30             | 52           | 6 <sup>6)</sup>               |
| USA        | 1991               |                      | 42               | 31             | 14           | 13 <sup>7)</sup>              |

<sup>1)</sup> aus kommunalen Kläranlagen

<sup>2)</sup> Schätzung

<sup>3)</sup> Rekultivierung, Forst usw.

<sup>4)</sup> Verkippen im Meer

<sup>5)</sup> inkl. Rekultivierung

<sup>6)</sup> überwiegend Baumaterial aus Verbrennung und Klärschlammshmelze

<sup>7)</sup> teils Verkippen im Meer

Tabelle: Grenzwerte von potentiellen Schadstoffen im Klärschlamm für die landwirtschaftliche Verwertung international

| Land                    | EG-Rili.    | BRD                         | Schweiz   | Dänemark             | Dänemark    | Dänemark   | Dänemark | Dänemark             | Finland                         | Finland | Finland | Finl. 1) |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|----------------------|-------------|------------|----------|----------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|
| Jahr                    | 1986        | 1992                        | 1992      | 1990-95              | 1990-95     | ab 1995    | ab 1995  | ab 1995              | 1991                            | 1995    | 1995    | 1991     |
|                         | mg/kgTS     | mg/kgTS                     | mg/kgTS   | mg/kgP <sup>3)</sup> | mg/kgTS     | mg/kgTS    | mg/kgTS  | mg/kgP <sup>3)</sup> | mg/kgTS                         | mg/kgTS | mg/kgTS | mg/kgTS  |
| Pb                      | 750 - 1200  | 900                         | 500       | 120                  | 15000       | 20         | 20       | 10000                | 150                             | 100     | 1200    | 150      |
| Cd                      | 20 - 40     | 10/5 <sup>2)</sup>          | 5         | 1,2                  | 320         | 0,8        | 0,8      | 200                  | 3                               | 1,5     | 5       | 3        |
| Cr                      | 1000 - 1500 | 900                         | 500       | 100                  |             | 100        | 100      |                      | 300                             | 300     | 1000    | 300      |
| Cu                      | 1000 - 1750 | 800                         | 600       | 1000                 |             | 1000       | 1000     |                      | 600                             | 600     | 3000    | 600      |
| Ni                      | 300 - 400   | 200                         | 80        | 45                   | 4000        | 30         | 30       | 2500                 | 100                             | 100     | 500     | 100      |
| Hg                      | 16 - 25     | 8                           | 5         | 1,2                  | 320         | 0,8        | 0,8      | 320                  | 2                               | 1       | 25      | 2        |
| Zn                      | 1500 - 4000 | 2000/<br>2500 <sup>2)</sup> | 2000      | 4000                 |             | 4000       | 4000     |                      | 1500                            | 1500    | 5000    | 1500     |
| Co                      |             |                             | 60        |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| Mo                      |             |                             | 100       |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| Ar                      |             |                             |           |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| PCB                     |             | 0,2                         |           |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| PCDD/F                  |             | 0,0001                      |           |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| AOX                     |             | 500                         | 500       |                      |             |            |          |                      |                                 |         |         |          |
| Aufbring.<br>Beschränk. |             | 5 t/ha.3a                   | 5 t/ha.3a | 10 tTS/ha.a          | 250kgN/ha.a | 40kgP/ha.a |          |                      | 1 tTS/ha.a,<br>evt. 4 tTS/ha.4a |         |         |          |

1) Grenzwerte ab denen auf die tieferen Werte verdünnt werden darf

2) Wert für Aufbringung auf leichte Böden und auf Böden mit pH-Wert zwischen 5 und 6

3) Grenzwerte bezogen auf den Phosphorgehalt des Schlammes

Tabelle: Grenzwerte von potentiellen Schadstoffen im Klärschlamm für die landwirtschaftliche Verwertung international

| Land    | Norw. <sup>1)</sup> |         | Schweden |                     | Schweden |         | Japan <sup>2)</sup> |         |
|---------|---------------------|---------|----------|---------------------|----------|---------|---------------------|---------|
|         | 1992                | 1992    | 1991     | 1995                | 1988     | 1988    | 1988                | 1988    |
|         | mg/kgTS             | mg/kgTS | mg/kgTS  | mg/kgTS             | mg/kgTS  | mg/kgTS | mg/kgTS             | mg/kgTS |
| Pb      | 100                 | 300     | 200      | 100                 |          |         |                     |         |
| Cd      | 4/2 <sup>2)</sup>   | 10      | 4        | 2                   |          |         | 5                   |         |
| Cr      | 125                 | 200     | 150      | 150                 |          |         |                     |         |
| Cu      | 1000                | 1500    | 600      | 600                 |          |         |                     |         |
| Ni      | 80                  | 100     | 100      | 100                 |          |         |                     |         |
| Hg      | 5                   | 7       | 5        | 2,5                 |          |         | 2                   |         |
| Zn      | 700                 | 3000    | 1500     | 1500                |          |         |                     |         |
| Co      |                     |         |          |                     |          |         |                     |         |
| Mo      |                     |         |          |                     |          |         |                     |         |
| Ar      |                     |         |          |                     |          |         | 50                  |         |
| PCB     |                     |         |          | Analysiert werden   |          |         |                     |         |
| PCDD/F  |                     |         |          | müssen auch, Nonyl- |          |         |                     |         |
| AOX     |                     |         |          | phenol, PCB, PAH    |          |         |                     |         |
| Aufbr.  | 10t/ha.10a,         |         |          | und Toluene.        |          |         |                     |         |
| Beschr. | 20t/ha.20a, 1x      |         |          | 5 tTS/ha.5a         |          |         |                     |         |
|         | 40t/ha              |         |          |                     |          |         |                     |         |

1) Grünflächen

2) weitere Grenzwerte bestehen in Bezug auf die Auslaugbarkeit

Tabelle: Grenzwerte von potentiellen Schadstoffen im Klärschlamm für die landwirtschaftliche Verwertung in Österreich

| Land                    | Bgld.         | Bgld.   | NÖ  | NÖ   | OÖ   | Tirol  | Stmk.   | Vbg.                                       | Sbg. | K <sup>2)</sup> |
|-------------------------|---------------|---|---|--|--|--|---|--|------|-----------------|
| Jahr                    | 1991          | 1991  | 1994  | 1994   | 1992   | 1987   | 1987  | 1987                                       | 1987 | 1984            |
| Klasse                  | I             | II  | II  | III  |  |  |   |  |      |                 |
| Pb                      | 100           | 500   | 100   | 400  | 400  | 500  | 500   | 500  | 500  | 500             |
| Cd                      | 2             | 10  | 2   | 8  | 5  | 10   | 10  | 10   | 10   | 10              |
| Cr                      | 100           | 500   | 50  | 500  | 400  | 500  | 500   | 500  | 500  | 500             |
| Cu                      | 100           | 500   | 200   | 500  | 400  | 500  | 500   | 500  | 500  | 500             |
| Ni                      | 60            | 100   | 25  | 100  | 80   | 100  | 100   | 100  | 100  | 100             |
| Hg                      | 2             | 10  | 2   | 8  | 7  | 10   | 10  | 10   | 10   | 10              |
| Zn                      | 1000          | 2000  | 1000  | 2000   | 1600   | 2000   | 2000  | 2000                                       | 2000 | 2000            |
| Co                      |               |   | 10  | 100  |  | 100  | 100   | 100  | 100  |                 |
| Mb                      |               |   |   |  |  | 20   | 20  | 20   | 20   |                 |
| Ar                      |               |   |   |  |  | 20   |   |  |      |                 |
| PCB                     |               |   | 0,2   | 0,2  | 0,2  |  | 1)  |  |      |                 |
| PCDD/F                  |               |   | 0,0001  | 0,0001   | 0,0001   |  |   |  |      |                 |
| AOX                     |               |   | 500   | 500  | 500  |  | 1)  |  |      |                 |
| Aufbring.<br>Beschränk. | wie<br>Dünger | über max.<br>Schwer-<br>metall<br>Fracht be-<br>schränkt,<br>max. TS in<br>Gutachten<br>festgelegt. | 2,5 t/ha.a<br>auf<br>bedingt<br>bis sehr<br>gut geeig-<br>neten<br>Böden,<br>auf<br>Grünland<br>die<br>Hälfte | 2,5 t/ha.a<br>auf mittel<br>bis sehr<br>gut geeig-<br>neten<br>Böden, auf<br>Grünland<br>die<br>Hälfte | 10 t/ha.3a<br>bei TS ><br>35%,<br>5 t/ha.3a<br>bei TS <<br>35% | 5 t/ha.a<br>Acker,<br>2,5 t/ha.a<br>Grünland | Acker:<br>2,5<br>tTS/ha.a<br>Grünland<br>1,25<br>tTS/ha.a | 2 t/ha.a<br>Acker,<br>1 t/ha.a<br>Grünland |      | 5t/ha.a         |

1) Muß für Kläranlagen &gt; 30000 EGW analysiert werden.

2) ÖWVV - Regelblatt 17

**Quellen:**

Amt der burgenländischen Landesregierung: „Klärschlammkonzept für das Burgenland“, in Arbeit.

Andrews D.A.: "Sewage Sludge Disposal Guidelines in the EC - The Impact on UK Disposal Operations", Vortrag im Rahmen des UTEC Absorga 93 Seminars "Abwasserrichtlinien in der EG", 22.10.1993, Wien.

Bergs C.G.: "EG-Richtlinie - Klärschlamm und neue Klärschlammverordnung", in Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 135, Aachen, 1993.

Biffel, Blum, Ruckenbauer, Kroiß: "Studie über die ökologischen Zielsetzungen und Möglichkeiten der Verwertung und Entsorgung von Klärschlamm in Niederösterreich", Arbeitsgemeinschaft - Universität für Bodenkultur - Technische Universität Wien, Wien, November 1991.

Brunner, Gajcy: "Veränderung und Beurteilung der Metallfrachten im Klärschlamm", Mitteilungen der EAWAG Nr. 28, Dübendorf, Nov. 1989.

Candinas T.: Vortrag im Rahmen des EWPCA Sludge Disposal Workshop, Zürich, 12. - 13. Dezember 1991.

Cepuder, Supersberg: "Ergebnisse eines Langzeitversuches mit mechanisch entwässertem Klärschlamm", Österreichische Wasserwirtschaft Jahrgang 43, Heft 1/2, 1991.

Depisch D.: "Möglichkeiten der Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm", aus Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der TU-Graz, Nr. 6: "Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark", Graz, Jänner 1993.

- Grüttner H.: "Agricultural use of sludge in Denmark", Vortrag im Rahmen des EWPCA Sludge Disposal Workshop, Zürich, 12. - 13. Dezember 1991.
- Haluschan A.: Regionale Klärschlammkonzepte am Beispiel der Bezirke Feldbach und Radkersburg", aus Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der TU-Graz, Nr. 6: "Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark", Graz, Jänner 1993.
- Hofer, Wildt: "Kein Klärschlamm auf die Felder! - Modell Tirol", Vortrag zur Tagung der OÖ-Umweltakademie: "Wohin mit dem Klärschlamm?", Linz, 21. September 1993.
- Kazuaki S.: "Present Status of Sewage Sludge Treatment, Disposal and Utilization in Japan",
- Kroiß, Nagel: „Klärschlamm Entsorgung in Österreich“, Wiener Mitteilungen Band 82, Wien, 1989.
- LAWA: „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, München (1993).
- Lindner K.-H.: "Neue rechtliche und technische Regelungen zur Entsorgung kommunaler Klärschlämme", ATV-Fortbildungskurs G/3 Klärschlamm Entsorgung, Fulda, Magdeburg, März 1992
- Machowetz H.H.: "Konzept für die Klärschlamm Entsorgung in Oberösterreich", Linz, 1991.
- Matthews P.J.: "Sewage sludge management in Western Europe - a 1991 perspective", March, 1991.

- Melsa, Wessel: „Zusammenspiel von Klärschlammwässerung und -trocknung vor einer Verbrennung“, in Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 135, Aachen, 1993.
- Muhar A.: "Klärschlamm im Landschaftsbau - Wertstoffrecycling oder grüne Deponie?", Vortrag im Rahmen der Fachenquete zum Thema Klärschlamm, Wiss. Landesakademie für Niederösterreich, 1. Okt. 1992.
- Nowak O.: "Klärschlammmanfall und -entsorgung in Österreich", Vortrag zur Tagung der OÖ-Umweltakademie: "Wohin mit dem Klärschlamm?", Linz, 21. September 1993.
- Nowak O.: "Der Einfluß der Klärschlammbehandlung und -entsorgung auf das Verfahrenskonzept der Kläranlage", Wiener Mitteilungen Band 110, Wien, 1993.
- ÖVAF: „Motivenbericht zur Novellierung der NÖ-Klärschlammverordnung“, Wien, Mai 1993
- Palm, Hellström: "Swedish sewerage sludge use - problems and improvements", Vortrag im Rahmen des EWPCA Sludge Disposal Workshop, Zürich, 12. - 13. Dezember 1991.
- Poletschny H.: "Klärschlammverwertung in Deutschland", Vortrag bei der Tagung "Wohin mit dem Klärschlamm?" der OÖ Umweltakademie, Linz, 21. September 1993.
- Puolanne J.: "Present Finnish Guidelines for the Agricultural Use of Sewage Sludge", Vortrag im Rahmen des EWPCA Sludge Disposal Workshop, Zürich, 12. - 13. Dezember 1991.

Sauer B.: "Vorstellungen des Landes Steiermark über die künftige Klärschlamm Entsorgung", aus Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der TU-Graz, Nr. 6: "Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark", Graz, Jänner 1993.

Snozzi M.: "Optionen der Klärschlamm Entsorgung", Mitteilungen der EAWAG Nr. 28, Dübendorf, Nov. 1989.

Witte H.: Vortrag im Rahmen des EWPCA Sludge Disposal Workshop, Zürich, 12. - 13. Dezember 1991.

Dipl. Ing. Matthias Zeßner  
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft.  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/226, A-1040 Wien