Technik · Wirtschaft · Umweltschutz

Herausgegeben

von

Prof. Dr.-Ing. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Technische Universität Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz

Redaktion

Dipl.-Ing. Martina Schneider

Anzeigenverwaltung

Cornelia Avenarius

EF

EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH

Technik · Wirtschaft · Umweltschutz

Ulrich Loll

Recycling von Klärschlamm 2

Redaktion dieses Bandes

Hella F. Bielefeld

EF

EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH

• Umweltschutz

utschen Bibliothek

ch Loll. - Berlin: EF-Verl.

nsky u. Ulrich Loll
rsg.]; Loll, Ulrich [Hrsg.]

1989

Kozmiensky

welttechnik GmbH

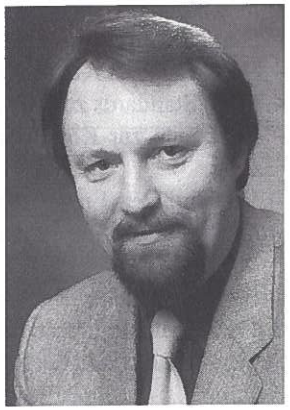
tdruckerei GmbH, München
a – Urban Meister, München

fremde Sprachen, vorbehalten.
higung des Verlages in irgendeiner
dein anderes Verfahren – reprodu-
re Datenverarbeitungsmaschinen,
etzt werden.

esrepublik Deutschland als Waren-
ohne besondere Kennzeichnung
ende Kennzeichnung nicht zu der
t und von jedermann verwendet

Umwelttechnik GmbH

Dr.-Ing. Ulrich Loll



Vorwort

Klärschlamm ist durch die stetig steigenden Ansprüche des am Vorsorgeprinzip orientierten Umweltschutzes zunehmend von einem nutzbaren Wertstoff zum Problemstoff geworden.

Für seine Entsorgung sind derzeit weder die Wege des stofflichen Recyclings, der geordneten Deponie noch der thermischen Verwertung naturwissenschaftlich/technisch beziehungsweise rechtlich zufriedenstellend geklärt.

Die landbauliche Klärschlammverwertung wird in immer stärkerem Maße eingeschränkt beziehungsweise stößt auf Ablehnung. Ein erheblicher Teil der heute zur Deponie gelangenden Schlämme erfüllt keine hinreichenden Konsistenzkriterien für den Deponieeinbau. Mit der thermischen Klärschlammverwertung, sind beim Einsatz der konventionellen Techniken meist ungelöste Emissionsprobleme verbunden.

Für verantwortungsbewußte Fachleute und Politiker ist längst ein "Klärschlammentsorgungsnotstand" eingetreten, welcher sich nicht durch leichtfertige Ankündigungen technischer oder gesetzlicher "Allround-Lösungen" beseitigen läßt.

In diesem Buch nehmen etwa 50 internationale Autoren in mehr als 30 Beiträgen zu den relevantesten Themenbereichen der Klärschlammproblematik Stellung.

Vom Herausgeber wird vorab der aktuelle Stand der Technik beschrieben, die wichtigsten Entwicklungstrends aufgezeigt und Hinweise auf neue Technologien gegeben.

Die Autorenbeiträge befassen sich schwerpunktmäßig mit den nachstehenden Problembereichen:

- Einflüsse der Novelle der Klärschlammverordnung,
- Schadstoffe in Klärschlämmen,
- Neue Standards zur Beurteilung der Deponierfähigkeit von Schlämmen,
- Methoden zur Konditionierung und Nachbehandlung bei der Schlammentwässerung,
- Verfahren zur Entwässerung und Trockung,
- Verfahren zur Verbrennung und Vergasung.

Dieses Buch konzentriert sich auf die im kommenden Jahrzehnt zu lösenden Aufgaben der Klärschlammproblematik und stellt praxisorientiert Verfahren beziehungsweise Standards nach dem neuesten Stand der Klärschlammtechnik vor.

Darmstadt/Wiesbaden, November 1989

Dr.-Ing. Ulrich Loll

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung

Ulrich Loll — Klärschlammbehandlung – Stand und Entwicklung 1990 1

2. Grundlagen, Gesetze, Inhaltsstoffe

Karl-Heinz Lindner — Schadstoffe im Klärschlamm und Konsequenzen für die landwirtschaftliche Verwertumg 81

Reimar Leschber — Organische Stoffe in Klärschlämmen – Bewertung von Untersuchungsergebnissen 91

Eva Jager, Gudrun Fabarius — Umweltmedizinische Aspekte bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Dioxin- und PCB-haltigen Klärschlämmen und Komposten 103

Isamu Kawakami — Toxic Substances in Sewage Sludge Dried with Flue Gas from Refuse Incinerator 113

Bernhard Gallenkemper, Udo Voß — Schlämme aus Leichtflüssigkeitsabscheidern – Aufbereitung und Entsorgungsalternativen 121

A. W. van der Vlies — Struktur der Klärschlammbeseitigung in den Niederlanden 131

C. Collivignarelli, V. Riganti, L. Alfano, D. Pasquali, V. Zanetti — Utilization of Biological Sludge in Agriculture – Metal Translation into Zea Mays L. 143

H.-G. Korber — Tenside in kommunalen Klärschlämmen 151

Shogo Horichi — Operational Results of the CJC Demonstration Plant for Pulp Sludge into Refuse Derived Fuel 157

3. Konditionierung/Deponierung

Rolf Otte-Witte — Nachbehandlung von entwässerten Schlämmen zum Ziele der Deponierung 165

Ludovico Spinosa, Mario Santori, V. Lotito — Rheological Characterization of Sewage Sludge 177

Ulrich Loll — Messung der Laborscherfestigkeit als EG-Standard oder Referenzmethode zur Bestimmung der Deponiefähigkeit entwässerter Schlämme 185

Yasuo Shimanaka — Production of Cementing Agent and Sewage Sludge Solidification Technology Utilization of Aluminium Hydroxide Sludge 193

Dieter Köhlhoff — Deponierung von Schlämmen auf Hausmüll- oder Monodeponien 201

Gert Dieter Abraham, Thomas Meyer-Knufinke — Untersuchungen zur Verfestigung von entwässerten Klärschlämmen mit verschiedenen Mischern und Deponiebindern zwecks Monodeponie 219

Andreas Komodromos — Festigkeitsbeurteilung von abzulagernden Schlämmen – Methodik und bisherige Erfahrungen 231

4. Entwässerung und Trocknung

Peter Thomas Ruggenthaler — Strategie der Schlammentsorgung – Grenzen für mechanische und thermische Entwässerung 245

Manfred Schneider — Klärschlammtrocknung im Niedertemperaturbereich 259

J. M. Chawla, Christian O. Heyner — Zerstäubung und Sprühtrocknung von teilentwässertem Klärschlamm 271

Frank Brüggemann, André Hoffmann, Uwe Kröger — Kurzzeit-Kontakttrocknung von Klärschlamm mit Drallrohr-Trockner 279

Walter A. Ries — Verfahren zum Trocknen von pastösen wäßrigen Schlämmen 289

Bodo Koglin — Klärschlamm-Teiltrocknung 299

Günter Zapf — Trocknung und Vorbehandlung kommunaler Klärschlämme zur gemeinsamen Verbrennung mit Hausmüll 307

5. Verbrennung/Vergasung

Walter Kaminsky, U. Bellmann, A. B. Kummer, Y. Ying — Pyrolyse von Klärschlamm 323

I. Barin, E. Gelfort, Hans Hengsen, H. Megerle, H. Melcher, Horst Pook, H. D. Waldhecker, Wolfgang Wuth — Verbrennung und Verschlackung von Klärschlamm 331

K. W. Hannes — Verbrennung von Klärschlämmen in Schmelzkammerfeuerungen von Ballast-Steinkohlekraftwerken 345

Karel Capek, Claus Müller — Gemeinsame Verbrennung von Klärschlamm aus einer Industriekläranlage und flüssigen Produktionsrückständen sowie Verbrennung von Abwasserkonzentrat 355

Andrzej Karasinski, Janusz Wandrasz, Kazimierz Walecek — Klärschlammverbrennungsanlage in Gdynia als eine Lösung der Klärschlammbehandlung in Polen 365

Hermann Teufel, Gerhard Müller, Christoph Berse — Verbrennung von Klärschlamm in der Wirbelschicht – Minimierung der NO_x-Emission 369

H. Effelsberg, Uwe Kröger, Bernd Paulsen — Niedertemperatur-Konvertierung von Klärschlamm 381

Horst Dungs, Hartmund Winck — Niedertemperatur-Konvertierungsverfahren System Still Otto – Konzeption einer großtechnischen Versuchsanlage 391

Hermann Müller, Hans-Friedrich Hinrichs — Klärschlamm-Pyrolyse – EKPy 397

1. Einführung

Klärschlammbehandlung – Stand und Entwicklung 1990

Ulrich Loll

1. Die Neuorientierung der Klärschlammentsorgung 2

2. Veränderte Anforderungen und Massenströme bei der Klärschlammbehandlung und -entsorgung 4

2.1. Novellierung der Klärschlammverordnung 5

2.2. Erhöhte Anforderungen an die Deponierfähigkeit von Schlämmen 6

2.2.1. Die Messung der Flügelscherfestigkeit mit derLaborflügelsonde als Standard- oder Referenzmethode 7

2.2.2. Praxisbezug der Meßmethode und mögliche Grenzwerte 11

2.2.3. Vergleich von laborflügelscherfestigkeit und Trockenrückstand bei der Definition einer hinreichenden Deponierfähigkeit 11

2.3. Einfluß erhöhter Abwasserreinigungsmaßnahmen auf die anfallenden Klärschlammengen 12

2.4. Möglichkeiten der Verwertung, Verwendung und Nutzung von Klärschlamm bzw. Klärschlamminhaltsstoffen 13

2.5. Derzeitige und zukünftige Massenströme bei der Klärschlammentsorgung in der BundesrepublikDeutschland 17

3. Stand der Technik und Entwicklungen im Bereich der Stabilisierung und Entseuchung von Klärschlämmen 19

4. Anforderungen an die Schlammentwässerung und Leistungsbereiche vorhandener Konditionierungsmethoden und Entwässerungsaggregate 23

5. Thermische Verfahren der Klärschlammverwertung 28

5.1. Klärschlammtrocknung 28

5.1.1. SEVAR-Schlammtrocknung 30

5.1.2. ESCHER-WYSS Schlammtrocknung 32

5.1.3. BÜHLER-Schlammtrocknung mittels Dünnschichtverdampfung und mechanischer Brüdenkompression 33

5.1.4. DISCOTHERM-B-Trockner der Firma LIST 35

5.1.5. VON ROLL Mahltrocknung 37
5.1.6. TCW-Schlammtrocknung 39
5.1.7. Energiebilanz der Klärschlammtrocknung 42

5.2. Klärschlammverbrennung 43

5.2.0. Allgemeines 43
5.2.1. Verbrennungsofen mit Staubbrenner 44
5.2.2. Wirbelschichtofen 45
5.2.3. Etagenofen 48
5.2.4. Lurgi-Etagenwirbler 49
5.2.5. KHD-HW-Schmelzzyklonverfahren (CORMIN) 51
5.2.6. STEAG-Schmelzkammerverfahren 51
5.2.7. Verbrennung von Klärschlamm in Müllverbrennungsanlagen 53
5.2.8. Verfahren der gemeinsamen Verbrennung von Klärschlamm und Müll 54
5.2.9. BASF CarboSed-Verfahren 58
5.2.10. Übersicht über Verfahren bzw. Hersteller von Klärschlamm-, Trocknungs- und Verbrennungsanlagen 60

5.3. Sonstige Verfahren 60

5.3.1. Klärschlammpyrolyse 60
5.3.2. Entsorgung von Klärschlamm in der Zementindustrie 69
5.3.3. Entsorgung von Klärschlamm in Asphaltmischwerken 74

6. Literatur 77

1. Neuorientierung in der Schlammentsorgung

Die Bundesregierung hat im Dezember 1988 durch den Bundesumweltminister Prof. Dr. Töpfer ein kurzfristiges Aufbringungsverbot für Klärschlämme auf Grünland und Feldfutteranbauflächen initiiert sowie die zusätzliche Empfehlung gegeben, daß die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung insgesamt nach einem Zeitraum von 5 bis 8 Jahren unter Vorsorgeaspekten eingestellt werden sollte. Hierdurch wurden nachhaltige Anstöße zur Umorientierung der Klärschlammentsorgung gegeben.

Die von dem Aufbringungsverbot betroffenen Entsorgungsbetriebe wurden nahezu unvorbereitet überrascht, was in einigen Fällen zu einem "Klärschlammentsorgungsnotstand" geführt hat.

Für andere Verantwortliche, welche vorwiegend ihren Klärschlamm im landwirtschaftlichen Bereich unterbringen, wurde schlagartig die Anfälligkeit bzw. Unsicher-

heit dieser Klärschlammentsorgungsmöglichkeit aufgezeigt. Für sie ist es zum Gebot der Stunde geworden sich kurzfristig nach anderen, gesicherten Entsorgungswegen umzuorientieren, wenn sie nicht Gefahr laufen wollen bei der nächsten "Einschränkungsverordnung" unvorbereitet in die Kritik zu geraten.

Alle den vorgenannten Verordnungen nachgetragenen "Korrekturinterpretationen" der Bundesregierung und anderer offizieller Stellen, welche erläutern, daß die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ohne die Aufbringung auf Grünland bzw. Feldfutteranbauflächen nach wie vor ein empfehlenswerter und gesicherter Weg zur Klärschlammverwendung bzw. -entsorgung sei, haftet zwangsläufig der Verdacht der Beschwichtigung an, wenn gleichzeitig behauptet wird, daß die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung für einen Übergangszeitraum akzeptiert werden kann, bis zu dessen Ende andere, insbesondere thermische Verfahren in ausreichendem Maße installiert werden, um hiermit die Problematik zukünftig angeblich umweltschonender zu lösen.

Es darf nicht verwundern, daß unter den genannten Aspekten die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in zunehmendem Maße nicht mehr als anzustrebende naturbezogene Recyclingmaßnahme, sondern als kostengünstigste Flächendeponierung des Klärschlammes eingestuft wird.

Landwirte trauen dem Stoff "Klärschlamm" nicht mehr, auch wenn hochkarätige Fachleute immer noch versuchen, sie vom Gegenteil zu überzeugen. Für den Bürger bzw. den für ihn handelnden Politiker vereinfacht sich das Problem zunehmend zu der Fragestellung, ob Klärschlamm ein Nutzmaterial oder eine Schadstoff ist. Hier schlägt die Waage zunehmend in Richtung Schadstoff aus, weshalb sich die Klärschlammentsorgung am Anfang einer wesentlichen Um- bzw. Neuorientierung befindet. Der Bürger sieht sich im Recht, wenn er von den zuständigen Fachleuten und politischen Mandatsträgern verlangt, daß sie seine "Umwelt" optimal schützen, und ihn nicht mit halbherzigen Argumentationen verunsichern.

Um Klärschlamm eindeutig als Nutzstoff zu qualifizieren müßten seine positiven Wirkungen, wie die ihm zugeschriebene Humusbildungskapazität und sein Düngegehalt von relevanter Nützlichkeit sein. Nach Aussagen zuständiger Fachexperten ist jedoch die Humusbildungskapazität beim Einsatz von Klärschlamm in unseren geographischen Breiten im Vergleich zur natürlichen Humusbildung vernachlässigbar klein. Der Düngegehalt von Klärschlamm in der Landwirtschaft ist bei den geringen zulässigen Gaben ebenfalls kein hinreichend überzeugendes Argument mehr für seine Nützlichkeit.

Gegen die generelle Einstufung von Klärschlamm als einen "Schadstoff" gibt es solange keine obsiegende Argumentation, wie die Nutzbarmachung von Klärschlamm nur mit "Minimal-Dosierungen" erlaubt ist. Die Herkunft bzw. Entstehung von Klärschlamm läßt zurecht vermuten, daß in ihm alle denkbaren Schad- bzw. Giftstoffe, welche an die Umwelt freigegeben werden, enthalten sind, weshalb das Gemisch dieser undefinierbaren Stoffkombinationen unter dem Aspekt der verantwortlichen Vorsorge grundsätzlich nicht als ungefährlich bzw. gar nützlich definiert werden kann.

Der formale Aufbau entspechender Rechtsverordnungen, wie der neuen Klärschlammverordnung muß dem Zweifler in seiner Meinung bestätigen, da dort letztlich nur Restriktionen ausgesprochen werden, die nach heutigem Stand des Wissens gewährleisten sollen, daß kein akuter Schadensfall auftritt. Aus den beschriebenen Gründen ergibt sich für viele Betreiber von Kläranlagen die Notwendigkeit einer Neuorientierung ihrer Schlammentsorgung, welche sich in zunehmendem Maße vom stofflichen Recycling abwendet.

Analog zum Problembereich der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung herrscht auch bei der heute meist genutzten Entsorgungsschiene der Klärschlammdeponierung verbreitete Unsicherheit und Inkonsequenz des Handelns.

Es darf behauptet werden, daß im aktuellen Deponiebetrieb heute in der Praxis massenweise "eigentlich nicht deponierfähiger Klärschlamm" abgelagert wird, weil ein konsequentes Verbot nach "Stand des Wissens" bzw. "Stand der Technik" zu entsprechenden Entsorgungsengpässen bzw. erheblichen Investitionsmaßnahmen führen müßte. Die Krönung der Ratlosigkeit und Inkonsequenz stellt der fragwürdige Entsorgungsexport von entwässerten Klärschlämmen in das benachbarte Ausland dar. Die Tatsache, daß hier nicht nur Sonderschlämme, sondern in hohem Maße gemäß Klärschlammverordnung landwirtschaftlich einsetzbare Schlämme mit erheblichem Kostenaufwand über die Landesgrenze gebracht werden, dokumentiert die reale Bewertung des Materiales klarer als alle institutionellen Wertbekundungen.

2. Veränderte Anforderungen und Massenströme bei der Klärschlammbehandlung und -entsorgung

Die Klärschlammbehandlung und -entsorgung hat wesentliche Änderungen im Hinblick auf gesetzliche Zielvorgaben, die Anhebung technischer Standards und die Folgerungen aus erhöhten Abwasserreinigungsmaßnahmen zu bewältigen. Hieraus ergeben sich zwangsweise veränderte Möglichkeiten der Verwertung, Verwendung und Nutzung von Klärschlamm und dadurch bedingt veränderte Massenströme bei der

Klärschlammentsorgung. Die relevantesten Veränderungen sollen nachfolgend beschrieben und die aus ihnen entstehenden Folgerungen abgeschätzt werden.

2.1. Novellierung der Klärschlammverordnung

Zur Zeit der Manuskripterstellung dieses Beitrages befand sich die Novellierung der Klärschlammverordnung in ihrer formalen Endphase; der Text der Novellierung lag noch nicht vor. Dies wurde insbesondere durch die Tatsache verursacht, daß die Diskussion um den Einfluß organischer Schadstoffe noch nicht auf der Basis hinreichender Daten abgeschlossen werden konnte.

Formal hat die Novellierung der Klärschlammverordnung zunächst die Vorgaben der EG-Richtlinie (8) zu integrieren bzw. zu berücksichtigen. Diese zielt gegenüber der ursprünglichen Fassung der Klärschlammverordnung in erster Linie auf relativ geringfügige Veränderungen der zu berücksichtigenden Schwermetallwerte ab. Weiterhin ist nach (5) davon auszugehen, daß zukünftig eine Differenzierung der Grenzwerte für "leichte" und "sonstige" Böden vorgenommen werden soll.

Bei einer Festlegung von gespalteten Bodengrenzwerten kommt es konsequenterweise dazu, daß auch gespaltene Grenzwerte für Schwermetallgehalte in Klärschlämmen festgelegt werden.

Die insbesondere durch Untersuchungen von Hagenmaier (11) initiierte Diskussion über organische Schadstoffe im Klärschlamm, welche deren zukünftiges Verbot zur Verwertung auf Grünland bzw. Feldfutteranbauflächen verursacht hat, bewirkt ebenfalls starke Einflüsse auf die Frage der sonstigen landbaulichen bzw. landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung auf längere Sicht.

Aus pragmatischen Gründen soll nach derzeitigem Kenntnisstand auf eine Festlegung von Grenzwerten für Dioxine/Furane verzichtet werden, da entsprechende Messungen zu aufwendig sind und zugehörige Laborkapazitäten nicht existent sind. Die Problematik der in (11) getroffenen Aussagen wird in kurzgefaßter Form von Leschber in (18) im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen interpretiert.

Aus (11) und (11) ist letztlich abzuleiten, daß nach derzeitigem Wissensstand keine Gefahr besteht, daß bei den vorgeschriebenen Klärschlammdosierungen ein Übergang von organischen Schadstoffen in Getreide, Kartoffeln und ähnliche Erntepflanzen stattfindet, der über die anschließende Nahrungskette Tier-Mensch zu schädlichen Auswirkungen führen könnte.

Da Dioxine und andere organische Schadstoffe nicht nur über Klärschlämme in die Umwelt gelangen, sondern ihr Vorkommen nahezu ubiquitär gegeben ist, kann diese mögliche Gefahrenquelle nur durch Vermeidungs- bzw. Verbotsmaßnahmen eingeschränkt bzw. beseitigt werden. Hier sind beispielsweise Verbotsregelungen für das in Verkehr bringen von PCB bzw. die Einstellung der Produktion von Pentachlorphenol (PCP) bzw. anderer Stoffgruppen im internationalen Rahmen notwendig. Entsprechende Aktivitäten sind bereits initiiert.

2.2. Erhöhte Anforderungen an die Deponierfähigkeit von Schlämmen

An die Deponierfähigkeit von Schlämmen sind nach neueren Erkenntnisssen deutlich höhere Anforderungen zu stellen, wenn vermieden werden soll, daß die heute angelegten Deponien zu Altlasten von morgen werden sollen. Die Qualitätsbestimmung der "Deponierfähigkeit von Schlämmen" ist unter Berücksichtigung einer geordneten Einbautechnik und einer hinreichenden Standsicherheit des jeweiligen Deponiekörpers zu definieren.

Es kann inzwischen als gesichertes Wissen angenommen werden, daß sich die Deponierfähigkeit von Schlämmen, insbesondere von Klärschlämmen, unter Berücksichtigung der Erfordernisse der Einbautechnik und der Standsicherheit von Deponien nicht hinreichend mit der Festlegung eines Mindestwertes für den Trockenrückstand des entwässerten Schlammes beschreiben läßt, wie dies heute noch vielfach praktiziert wird. Diverse Untersuchungen, von denen beispielhaft die mehrjährigen Ringversuche (28, 29) genannt werden sollen, haben zweifelsfrei nachgewiesen, daß für die Definition der Deponierfähigkeit von Schlämmen Bezugsparameter aus dem Bereich der Bodenmechanik besser geeignet sind. Die vorgenannte Arbeiten sowie die Erkenntnisse einer entsprechenden ATV-Arbeitsgruppe (19) haben erkennen lassen, daß nach derzeitigem Wissensstand die Messung der Laborflügelscherfestigkeit als Standard- bzw. -Referenzmeßmethode zur Bestimmung der (bodenmechanischen) Deponierfähigkeit empfohlen werden kann.

Die derzeit auch im Rahmen der EG betriebene Einführung dieser einheitlichen Meßmethode ist von akuter Bedeutung, da bei vielen anstehenden Projektentscheidungen Verwirrungen über die Festlegung entsprechend geeigneter Parameter zur Bestimmung der Deponierfähigkeit bzw. deren Grenzwerte auftreten.

Nachfolgend soll die genannte Meßmethode kurzgefaßt vorgestellt und die nach dem derzeitigen Erkenntnisstand erforderlichen Arbeits- bzw. Grenzwerte zum Erreichen einer hinreichenden "Deponierfähigkeit von Schlämmen" angegeben werden.

Eine Datengegenüberstellung zwischen Laborflügelscherfestigkeitswerten und zugehörigen Werten des erreichten Trockenrückstandes bei maschinell entwässerten Klärschlämmen zeigt auf, welches Defizit an verbesserten Konditionierungs-, Entwässerungs- bzw. Nachbehandlungsmaßnahmen derzeit in der Praxis der Klärschlammentwässerung herrscht, wenn die zu stellenden erhöhten Deponierfähigkeitsanforderungen erfüllt werden sollen (s. Bild 3).

2.2.1. Die Messung der Flügelscherfestigkeit mit der Laborflügelsonde als Standard- oder -Referenzmethode

Um Eingangswerte für die Standsicherheitsberechnung von Deponien zu erhalten ist die Messung der Scherfestigkeit zwingend erforderlich. Hierzu bietet sich als "Schnellmethode" bei der Kontrolle der Deponierfähigkeit von Schlämmen die Bestimmung der Flügelscherfestigkeit mit einer Laborflügelsonde als eine geeignete Meßmethode an.

Der Meßwert ist anzugeben als τ_{FS}.

Darin bedeutet τ = Scherfestigkeit

FS = Flügelsonde.

Die Dimension ist kN/m^2.

Für die Bestimmung der Flügelscherfestigkeit sind gleichmäßige Bedingungen bei der Probenvorbereitung und Versuchsdurchführung Voraussetzung für genaue und vergleichbare Ergebnisse. Dabei ist besonderer Wert auf folgende Parameter zu legen: Teilchengröße des Schlammes, Abmessungen des Probenkörpers, Verdichtung des Materials und Dichte des Probekörpers.

Der entwässerte Schlamm wird auf eine größte Teilchengröße von ca. 10 mm zerkleinert, bevor er in einen geeigneten Probenbehälter eingebaut wird. Der Probebehälter (kleiner Proctortopf, Bild 1) hat einen Innendurchmesser von 100 mm und eine Probenhöhe von 120 mm. Ein Aufsatzring soll sicherstellen, daß die Probenverdichtung bis zum obersten Rand des Versuchszylinders in der vorgeschriebenen Weise erfolgen kann.

Der Schlamm wird in dem Behälter in drei gleichen Lagen (jeweils ca. 100 mm vor Verdichtung) eingebaut. Für die Verdichtung wird der kleine Proctorhammer einge-