

Klärschlamm-Entsorgungsplan Graubünden

Impressum

Herausgeber:

- ✦ Kantonale Klärschlammkommission
- ✦ Amt für Umwelt Graubünden
Gürtelstrasse 89
7001 Chur

Tel. 081 257 29 46 / Fax 081 257 21 54

E-Mail: info@afu.gr.ch

Internet: <http://afu.gr.ch>

- ✦ Genehmigung durch die Kantonale Klärschlammkommission: 3. April 2000
- ✦ Kenntnisnahme durch die Regierung: 4. April 2000

Verfasser:

- ✦ Abteilung Wasser/Abwasser, Amt für Umwelt Graubünden
- ✦ Büro für angewandte Oekologie Ueli Baer (Landwirtschaft)

Projektleitung:

- ✦ Gieri Deplazes, Amt für Umwelt Graubünden

Grafische Darstellung/Gestaltung:

- ✦ Emilia Lanfranchi, Amt für Umwelt Graubünden

Druck:

Staudacher AG, Offset-/Digitaldruck, Chur

Papier:

Umschlag: Zanders Mega halbmatt 250 gm² (hergestellt aus 50% Altpapierfasern und 50% chlorfrei gebleichten Zellstoffen)

Inhalt: Zanders Mega halbmatt 115 gm² (hergestellt aus 50% Altpapierfasern und 50% chlorfrei gebleichten Zellstoffen),
Recycling Offset 100 gm² aus 100% Altpapier

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT / PREFAZIONE / INTRODUCZIUN	I
ZUSAMMENFASSUNG / RIASSUNTO / RESUMAZIUN	IV
ABKÜRZUNGEN	X

I	EINLEITUNG	1
1	Stand der Abwasserreinigung in Graubünden per Ende 1999	1
2	Aktuelle Behandlung und Entsorgung des Klärschlammes in Graubünden	2
3	Bisherige Klärschlammplanungen	3
3.1	Klärschlamm-Konzept für den Kanton Graubünden 1983	3
3.2	Klärschlammplanung Graubünden 1994	3
3.3	Klärschlamm-trocknung Graubünden 1997	4
4	Rechtsgrundlage für den Klärschlamm-Entsorgungsplan	4
5	Geltungsbereich des Klärschlamm-Entsorgungsplans	4
6	Verbindlichkeit des Klärschlamm-Entsorgungsplans	4

II	ZIEL	5
----	------	---

III	KLÄRSCHLAMM-ENTSORGUNGSWEGE	6
1	Übersicht über die Entsorgungswege	6
2	Entsorgungsweg (A): Düngung	6
2.1	Allgemeine Rahmenbedingungen	6
2.1.1	Übersicht und Erläuterungen	7
2.2	Düngung mit Klärschlamm in der Landwirtschaft	10
2.2.1	Entwicklung	10
2.2.2	Aussichten	10
2.2.3	Möglichkeiten	12
2.3	Klärschlammverwertung bei Rekultivierungen mit künstlicher Kulturerde	16
2.3.1	Entwicklung	16
2.3.2	Aussichten	16
2.3.3	Möglichkeiten	17
2.4	Zusammenfassung	18
2.4.1	Klärschlammverwertung als Dünger	18
2.4.2	Klärschlammverwertung bei Rekultivierungen	18
3	Entsorgungsweg (B): Trocknung / Verbrennung	19
3.1	Einsatz von Trockenklärschlamm im Werk der Holderbank Cement und Beton, Untervaz	19
3.2	Verbrennung von Klärschlamm in KVA	19
3.3	Klärschlamm-Trocknungsanlage TRAC, Chur	19
4	Entsorgungswege für Schlamm aus Kleinkläranlagen	21
4.1	Allgemeines	21
4.2	Definition von Kleinkläranlagen	21
4.3	Schlammengen aus Kleinkläranlagen	21
4.4	Entsorgungswege für Schlamm aus Kleinkläranlagen	22
5	Entsorgungswege für Rohabwasser aus abflusslosen Gruben	24
5.1	Allgemeines	24
5.2	Entsorgung von Rohabwasser aus abflusslosen Gruben	24

IV ENTWÄSSERUNG BZW. TEILTROCKNUNG 27

1	Allgemeines	27
2	Rückläufe	27
3	Trockenbeet (ohne Pflanzen)	28
4	Vererdungsbeet (mit Schilfpflanzen)	30
5	Sackentwässerungsanlage	32
6	Solartrocknungsanlage	34
7	Maschinelle Entwässerungsanlagen	36

V WEITERE MASSNAHMEN 39

1	Siebung	39
2	Stabilisierung	39
3	Hygienisierung	39
4	Transport	39

VI KONTROLLE UND AUSBLICK 40

ANHANG 41

1	Gesetzliche Grundlagen	41
1.1	Entsorgungsweg (A): Düngung	41
1.2	Entsorgungsweg (B): Trocknung/Verbrennung	44
2	Mitglieder der Kantonalen Klärschlammkommission (1996-2000)	45
3	Tabelle der Kläranlagen in Betrieb	46
4	Tabelle der Kläranlagen in Bau oder geplant	50

VORWORT

Der Klärschlamm ist ein Spiegel der menschlichen Aktivitäten. Man findet darin harmlose aber auch bedenkliche Stoffe wieder, die in der Abwasserreinigung dem Abwasser entzogen wurden, nämlich: Biomasse, Nährstoffe, Schwermetalle usw.

Der Klärschlamm aus den Bündner Kläranlagen konnte ursprünglich zum grössten Teil in der Landwirtschaft als Dünger oder Rekultivierungserde verwertet werden. Ein Teil wurde mit dem Siedlungsabfall in Reaktordeponien entsorgt.

Mit der starken Zunahme der integrierten Produktion und des biologischen Landbaus in der bündnerischen Landwirtschaft hat die landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes an Bedeutung verloren.

Die Klärschlamm Entsorgung in Deponien entfällt gänzlich mit dem Verbot der Ablagerung von brennbaren Abfällen ab dem Jahr 2000. Damit wurde die technische Klärschlamm Entsorgung, d.h. die Trocknung und Verbrennung des Klärschlammes im Zementofen aktuell. Seit Herbst 1999 ist auf der Kläranlage der Stadt Chur eine zentrale Trocknungsanlage mit einer Kapazität für den ganzen Klärschlamm aus den Bündner Kläranlagen in Betrieb. Es ist allerdings festzuhalten, dass die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nach wie vor gestattet ist, wenn die geltenden gesetzlichen Vorschriften eingehalten und die notwendigen Voraussetzungen erfüllt werden können.

Der vorliegende Klärschlamm-Entsorgungsplan zeigt die aktuellen und zulässigen Entsorgungswege mit den entsprechenden Bedingungen auf. Wir hoffen, damit eine gründliche Entscheidungsgrundlage für die Behandlung und Entsorgung des Klärschlammes für alle Kläranlagenverantwortlichen geschaffen zu haben.

Ich benutze gerne diese Gelegenheit, allen Gemeinden, Verbänden, Betrieben und Privaten für die Erstellung der Infrastruktur für den Gewässerschutz zu danken. Mit einem optimalen Betrieb der Kläranlagen und einer einwandfreien Entsorgung des Klärschlammes leisten Sie einen echten und nachhaltigen Schutz unserer Umwelt.

Erziehungs-, Kultur- und Umweltschutzdepartement

Der Vorsteher:

Claudio Lardi, Regierungsrat

PREFAZIONE

I fanghi di depurazione rispecchiano le attività umane. Essi contengono sostanze innocue come pure sostanze di dubbia inoffensività, le quali vengono estratte dalle acque luride durante il processo di depurazione, e cioè biomassa, sostanze nutrienti, metalli pesanti ecc.

Inizialmente la maggior parte dei fanghi di depurazione provenienti dagli impianti di depurazione nei Grigioni veniva utilizzata nell'agricoltura come fertilizzante o terriccio per coltivazioni. Una parte veniva depositata nelle discariche reattore assieme ai rifiuti urbani.

L'impiego di fanghi di depurazione nell'agricoltura ha perso la sua importanza originale in seguito al forte incremento della produzione integrale e della coltivazione biologica nell'agricoltura grigione.

La messa in discarica viene completamente a mancare in seguito al divieto di depositare rifiuti combustibili a partire dal 2000. Di conseguenza è attualmente all'avanguardia l'eliminazione tecnica dei fanghi, vale a dire l'essiccamento e l'incenerimento dei fanghi nei forni per la produzione di cemento. Dall'autunno 1999 è in funzione un essiccatoio centrale sull'area dell'impianto di depurazione delle acque della Città di Coira, capace di trattare tutti i fanghi prodotti dagli impianti di depurazione delle acque nei Grigioni. Bisogna tuttavia sottolineare che l'impiego dei fanghi nell'agricoltura è sempre ancora permesso, se si rispettano le prescrizioni legali vigenti e se si adempiono le condizioni necessarie.

Il presente piano per lo smaltimento dei fanghi di depurazione illustra le attuali possibilità di smaltimento ammesse e spiega le relative condizioni. Speriamo con ciò di aver elaborato per tutti i detentori di impianti per la depurazione delle acque una base decisionale approfondita per il trattamento e lo smaltimento di questi fanghi.

Colgo l'occasione per ringraziare tutti i comuni, i consorzi, i privati e tutte le aziende che hanno realizzato la loro infrastruttura tecnica al servizio della protezione delle acque. Voi contribuite alla tutela ambientale in maniera concreta e sostenibile mediante una gestione ottimale degli impianti di depurazione e uno smaltimento efficiente dei fanghi prodotti.

Dipartimento dell'educazione, della cultura e della protezione dell'ambiente

Il capo:

Claudio Lardi, Consigliere di Stato

INTRODUCZIUN

La glitta da serenera è in spievel da las activitads umanas. En ella chatt'ins tant substanzas innocentas sco er dubiusas che la serenera ha allontanà or da l'aua persa, numnadain: biomassa, substanzas alimentaras, metals grevs euv.

La glitta che vegn or da las sereneras grischunas ha oriundain pudì vegnir utilisada per gronda part en l'agricultura sco ladim u sco terra da recultivaziun. Ina part è vegnida allontanada cun il rument d'abitadis en deponias da recturs.

Cun il grond augment da la poducziun integrada e da l'agricultura biologica en il Grischun ha l'utilisaziun agricola da la glitta da serenera perdi sia impurtanza.

L'allontanament da la glitta da serenera en deponias scroda dal tut cun il scumond da depositar ruments combustibels a partir da l'onn 2000. Cun quai è daventà actual l'allontanament tecnic da glitta da serenera, quai vul dir da setgentar e d'arder la glitta en il furn da cement. Dapi l'atun 1999 è en funcziun tar la serenera da la citad da Cuir in stabiliment da setgentar cun ina capacitad per l'entira glitta da las sereneras grischunas. Ins sto dentant dir che l'utilisaziun agricola da la glitta da serenera è anc adina permessa, sche las prescripziuns legalas vertentas vegnan observadas e sche las premissas necessarias pon vegnir ademplidas.

Il preschent plan d'allontanament da glitta da serenera mussa las vias d'allontanament actualas e admessas cun las cundiziuns correspundentas. Nus sperain d'avair creà ina basa da decisiun solida per tractar ed allontanar la glitta da serenera per tut las persunas ch'èn responsablas per sereneras.

Cun quest'ocasiun vuless jau gugent engraziar a tut las vischnancas e corporaziuns, als manaschis ed a las persunas privatas per stgaffir l'infrastructura per la protecziun da las auas. Cun ina gestiun optimala da las sereneras e cun in allontanament irreproschabel da la glitta da serenera gidais Vus a proteger noss ambient a moda veritabla e persistenta.

Departament d'educaziun, cultura e protecziun da l'ambient

Il schef:

Claudio Lardi, cusseglier guvernativ

ZUSAMMENFASSUNG

In den rund 110 zentralen und in den eben so vielen privaten grösseren Kläranlagen sowie in einigen Industrieanlagen Graubündens fallen jährlich ca. 6'000 Tonnen Klärschlamm-Trockensubstanz an. Dieser Klärschlamm muss gesetzeskonform entsorgt werden.

Die Entwicklung in der Landwirtschaft und in der Abfallbewirtschaftung, insbesondere im letzten Jahrzehnt erforderte für die Klärschlamm Entsorgung eine flexible Planung. So entstanden dafür folgende Planungsinstrumente:

1983 Klärschlamm-Konzept für den Kanton Graubünden

1994 Klärschlammplanung Graubünden

1997 Klärschlamm Trocknung Graubünden.

Mit dem vorliegenden Klärschlamm-Entsorgungsplan dürfte diese Planung für eine absehbare Zeit als abgeschlossen betrachtet werden. Neue Entwicklungen und Erkenntnisse werden allerdings im Rahmen einer rollenden Planung berücksichtigt.

Die aktuellen Klärschlamm-Entsorgungswege

Entsorgungsweg (A): Düngung

Unter **Düngung** wird neu - im Gegensatz zur Klärschlammplanung 1994 - die Anwendung von Klärschlamm sowohl als **Dünger** in der Landwirtschaft wie auch als Bestandteil von **Rekultivierungserde** verstanden. Die Hauptbedingungen für eine landwirtschaftliche Verwertung sind nach wie vor:

- ♣ der Nährstoff-Bedarfsnachweis
- ♣ die Schlammqualität
- ♣ die Akzeptanz.

Wenn diese Kriterien erfüllt werden, steht dem Entsorgungsweg (A) auch in Zukunft nichts im Wege.

Da der Anteil des als Dünger verwerteten Klärschlammes jedoch in den letzten Jahren auf 6 % im Jahre 1999 gesunken ist und die Reaktordeponien für brennbare Abfälle geschlossen wurden, musste in Richtung technische Entsorgung ausgewichen werden.

Entsorgungsweg (B): Trocknung/Verbrennung

Eingehende wissenschaftliche Abklärungen haben gezeigt, dass der Einsatz von Trockenklärschlamm in der Schweizer Zementindustrie sowohl ökonomisch wie auch ökologisch sinnvoll ist. In der Folge ist auf der Kläranlage Chur eine zentrale Trocknungsanlage entstanden. Diese Anlage ist seit Herbst 1999 in Betrieb und kann den ganzen Klärschlamm aus den Bündner Kläranlagen verarbeiten. Die Annahmebedingungen zur Trocknung sind:

- ♣ Trockensubstanzgehalt: ca. 25 % bis ca. 35 %
- ♣ keine Sperrstoffe und Fremdstoffe grösser als 3 mm
- ♣ Schwermetallkonzentrationen gemäss Stoffverordnung (gleich wie für landwirtschaftliche Verwertung).

Entsorgungswege für Schlamm aus Kleinkläranlagen

Der Schlamm aus den vielen Kleinkläranlagen, insbesondere in abgelegenen Gebieten stellt ein spezielles Entsorgungsproblem dar. Obwohl diese Schlammmenge im Verhältnis zur Gesamtmenge klein ist (unter 5 %), werden wegen der grossen Anzahl Bündner Anlagen in diesem Entsorgungsplan dafür zusätzliche Lösungswege aufgezeigt.

Entsorgungswege für Rohabwasser aus abflusslosen Gruben

Auch das in abflusslosen Gruben gespeicherte Rohabwasser muss einwandfrei entsorgt werden. Da die entsprechende Lösung mit der Entsorgung von Schlamm aus Kleinkläranlagen artverwandt ist, wird sie auch in diesem Entsorgungsplan behandelt.

Entwässerung bzw. Teiltrocknung von Klärschlamm

Wenn Klärschlamm in flüssiger Form weder landwirtschaftlich verwertet noch auf eine andere ARA abgeführt werden kann, muss er für jede andere Entsorgungsart entwässert bzw. teilgetrocknet werden. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Je nach Lage, Grösse und System der ARA sowie Menge und Entwässerungsgrad des Schlammes können folgende Verfahren/Systeme eingesetzt werden:

- ◆ Trockenbeet (ohne Pflanzen)
- ◆ Vererdungsbeet (mit Schilfpflanzen)
- ◆ Sackentwässerungsanlage
- ◆ Solartrocknungsanlage
- ◆ Maschinelle Entwässerungsanlagen (mobile und stationäre).

RIASSUNTO

I ca. 110 impianti centrali di depurazione e gli altrettanti impianti privati più importanti nonché alcuni impianti industriali situati nei Grigioni producono circa 6'000 tonnellate di fanghi (sostanza secca) all'anno. Questi fanghi devono essere smaltiti conformemente alla legge.

L'evoluzione dell'agricoltura e della gestione dei rifiuti, in particolare nell'ultimo decennio, hanno richiesto una pianificazione flessibile nel settore dello smaltimento dei fanghi. Sono dunque stati elaborati i seguenti documenti pianificatori:

1983 concetto per i fanghi di depurazione nel Cantone dei Grigioni

1994 pianificazione per i fanghi di depurazione nei Grigioni

1997 essiccamento dei fanghi di depurazione nei Grigioni.

Con il presente piano per lo smaltimento dei fanghi di depurazione si conclude la fase di pianificazione proiettata in un prossimo futuro. Nell'ambito di una pianificazione continua si terrà conto delle nuove evoluzioni e cognizioni.

Le possibilità attuali per smaltire i fanghi di depurazione

Possibilità (A): Fertilizzante

Per fertilizzante si intende oggi – contrariamente alla pianificazione per i fanghi 1994 – l'impiego di fanghi di depurazione sia come **fertilizzante** nell'agricoltura che parte **di terriccio per coltivazioni**. Le condizioni principali per l'impiego nell'agricoltura sono sempre ancora:

- ✦ la prova per il fabbisogno delle sostanze nutrienti
- ✦ la qualità dei fanghi di depurazione
- ✦ il grado di accettazione.

Se questi criteri sono adempiti, anche in futuro non esistono ostacoli per questa possibilità di smaltimento (A).

Si è quindi dovuto far capo ad uno smaltimento tecnico, poiché il quantitativo dei fanghi impiegato come fertilizzante è continuamente diminuito negli ultimi anni (1999: 6 %) e le discariche reattore per i rifiuti combustibili sono state chiuse.

Possibilità (B): Essiccamento/incenerimento

Da approfonditi chiarimenti scientifici l'impiego dei fanghi disidratati nell'industria svizzera di produzione del cemento risulta opportuno sia dal punto di vista economico che ecologico. A tale scopo è stato realizzato un essiccatoio centrale sull'area dell'impianto di depurazione di Coira. L'impianto funziona dall'autunno 1999 ed è in grado di trattare tutti i fanghi prodotti dai depuratori del nostro Cantone. Le condizioni di consegna per l'essiccamento sono:

- ✦ contenuto di sostanza secca: ca. 25 % fino a ca. 35 %
- ✦ nessuna sostanza ingombrante ed estranea superiore a 3 mm
- ✦ concentrazione dei metalli pesanti tenor l'Ordinanza sulle sostanze (uguale come per l'impiego nell'agricoltura).

Possibilità per smaltire i fanghi provenienti da impianti di depurazione di piccole dimensioni

Il fango proveniente dai diversi piccoli depuratori, in particolare situati nelle regioni periferiche, costituisce uno speciale problema di smaltimento. Sebbene il quantitativo totale di questi fanghi è molto inferiore in rapporto alla quantità globale (meno di 5%), nel presente piano vengono presentate alcune possibilità di smaltimento proprio perché questi depuratori sono numerosi.

Possibilità per evacuare acque luride non trattate, provenienti da fosse senza scarico

Anche le acque luride non trattate ed accumulate nelle fosse senza scarico devono essere evacuate in maniera ineccepibile. Siccome la relativa soluzione assomiglia allo smaltimento dei fanghi provenienti dai piccoli depuratori, essa viene illustrata nel presente rapporto.

Disidratazione risp. essiccamento parziale dei fanghi di depurazione

Se i fanghi di depurazione liquidi non possono essere utilizzati nell'agricoltura oppure consegnati ad un altro IDA, essi vanno disidratati risp. essiccati parzialmente per qualsiasi altra forma di smaltimento. A tale scopo esistono diverse possibilità. A dipendenza dell'ubicazione, del dimensionamento e del sistema dell'IDA nonché della quantità e del grado di disidratazione dei fanghi, si possono adottare i seguenti processi/sistemi:

- ◆ letti di essiccamento (senza piante)
- ◆ impianti a fitodepurazione (con piante palustri selezionate)
- ◆ sacchi filtranti
- ◆ impianto d'essiccamento funzionante con energia solare
- ◆ impianto meccanico di disidratazione (mobile o fisso).

RESUMAZIUN

En las circa 110 sereneras centralas ed en la medema quantidad da sereneras privatas pli grondas sco er en insaquants stabiliments d'industria resultan mintg'onn circa 6'000 tonnas substanza sitga da glitta da serenera. Questa glitta sto vegnir allontanada conform a la lescha.

Il svilup en l'agricultura ed en l'economisaziun dals ruments, surtut en il davos decenni, ha pretendì ina planisaziun flexibla per allontanar la glitta da serenera. Uschia èn vegnids creads ils sequents elements da planisaziun:

1983 concept da glitta da serenera per il chantun Grischun

1994 planisaziun da glitta da serenera dal Grischun

1997 setgentada da glitta da serenera dal Grischun.

Cun il preschent plan d'allontanament da glitta da serenera dastg'ins considerar questa planisaziun sco concludida per il proxim temp. Novs svilups e novas conuschientschas vegnan dentant resguardads en il rom d'ina planisaziun cuntinuanta.

Las vias actualas da l'allontanament da glitta da serenera

Via d'allontanament (A): Engraschament

Sut engraschament chapesch'ins da nov – cuntrari a la planisaziun da glitta da serenera 1994 – l'applicaziun da glitta da serenera tant sco **ladim** en l'agricultura sco part **da terra da recultivaziun**. Las cundiziuns principalas per in diever agricul èn anc adina las sequentas:

- ◆ la cumprova d'in basegn da substanzas alimentaras
- ◆ la qualidad da la glitta
- ◆ l'acceptanza.

Sche quests criteris èn ademplids, na datti er en il futur nagins impediments per la via d'allontanament (A).

Perquai che la part da la glitta da serenera duvrada sco ladim è sa reducida durant ils davos onns a 6% (1999) e perquai che las deponias da reacturs per ruments combustibels èn vegnidas serradas, han ins stuvi sviar en la direcziun da l'allontanament tecnic.

Via d'allontanament (B): Setgentada/combustiun

Retschertgas scientificas intensivhas han mussà ch'il diever da glitta da serenera sitga en l'industria da cement svizra è raschunaivla tant dal punct da vista economic sco er ecologic. En consequenza han ins stgaffi in stabiliment central da setgentar sin l'areal da la serenera da Cuira. Quest stabiliment è en funcziun dapi l'atun 1999 e po elavurar tut la glitta da serenera da las sereneras grischunas. Las cundiziuns d'acceptaziun per la setgentada èn las sequentas:

- ◆ cuntegn da substanza sitga: ca. 25 % fin ca. 35 %
- ◆ naginas substanzas bloccantas e substanzas estras pli grondas che 3 mm
- ◆ concentraziuns da metal grev tenor l'ordinaziun davart las substanzas (sco per l'utilisaziun agricula).

Vias d'allontanament per glitta da sereneras pitschnas

La glitta da las numerusas sereneras pitschnas, surtut en las regiuns periferas, furma in problem spezial d'allontanament. Malgrà che questa quantidad da glitta è pitschna en proporziun cun la quantidad totala (sut 5%), preschent'ins ulteriuras vias da soluziun en quest plan d'allontanament, quai pervia dal grond dumber da sereneras pitschnas en il Grischun.

Vias d'allontanament per auas persas betg tractadas or da foss senza scul

Er las auas persas betg tractadas che vegnan accumuladas en foss senza sculs ston vegnir allontanadas a moda irreprosch-
abla. Perquai che la soluziun correspudenta è sumeglianta a l'allontanament da glitta da sereneras pitschnas, vegn ella er
tractada en quest plan d'allontanament.

Drenascha resp. setgentada parziala da glitta da serenera

Sche la glitta da serenera en furma liquida na po ni vegnir utilisada en l'agricultura ni transportada tar in'autra serenera, sto
ella vegnir drenada resp. setgentada parzialmain per mintg'auter gener d'allontanament. Per quest intent datti pliras pussaiv-
ladads. Tut tenor la situaziun, la grondezza ed il sistem da la serenera sco er la quantidad ed il grad da drenascha da la glitta
pon ins far diever da las sequentas proceduras e dals sequents systems:

- ◆ era sitga (senza plantas)
- ◆ era per emplenir cun glitta che sa transfurma en terra (cun plantas da channa)
- ◆ stabiliment da drenascha cun agid da satgs
- ◆ stabiliment da setgentada solara
- ◆ stabiliments da drenascha (mobils e staziunars) cun maschinas.

ABKÜRZUNGEN

AFR	Abwasserfaulraum
AfU	Amt für Umwelt Graubünden
ARA	Abwasserreinigungsanlage (= Kläranlage)
BCU	Bündner Cement AG, Untervaz (bis August 1999)
EW	Einwohnerwert = Einwohner (E) + Einwohnergleichwert (EGW), (EW = E + EGW)
FR	Faulraum
GSchG	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz) vom 24. Januar 1991
GSchV	Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998
HCB	Holderbank Cement und Beton, Untervaz (bis August 1999: BCU)
I-ARA	Industrie-Abwasserreinigungsanlage
IP	Integrierte Produktion
IUL	Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Land-bau (FAL)
KG	Klägrube
KS	Klärschlamm
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
LA	Landwirtschaftsamt Graubünden
LBD	Landwirtschaftlicher Beratungsdienst
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LwG	Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz) vom 29. April 1998
ÖLN	Ökologischer Leistungs-Nachweis
P	Phosphor
P₂O₅	Phosphorpentoxid
P-ARA	Private Abwasserreinigungsanlage
STB	Stabilisierungsbecken
StoV	Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung) vom 9. Juni 1986
TRAC	Klärschlamm-Trocknungsanlage Chur
TS	Trockensubstanz = Trockenstoff
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz) vom 7. Oktober 1983
Z-ARA	Zentrale Abwasserreinigungsanlage

I EINLEITUNG

1 Stand der Abwasserreinigung in Graubünden per Ende 1999

Per Ende des Jahres 1999 – 40 Jahre nach dem Erlass des ersten kantonalen Gewässerschutzgesetzes – kann der Stand der Abwasserreinigung in Graubünden wie folgt zusammengefasst werden:

ARA in Betrieb

- ♣ 91 aerobe Z-ARA
- ♣ 20 anaerobe Z-ARA
- ♣ 4 I-ARA
- ♣ 112 P-ARA, davon
 - 43 aerobe ARA, chemisch/physikalische ARA und Natur-ARA für Bergrestaurants, Hotels, Pensionen, Häusergruppen u.a.
 - 24 aerobe ARA und Natur-ARA für einzelne Liegenschaften
 - 45 anaerobe ARA (Abwasserfaulräume grösser als 15 m³ Inhalt, grosse Klärgruben, Klärgruben mit nachgeschaltetem einfachem Tropfkörper).

Im weiteren ist eine unbestimmte, grössere Anzahl Klärgruben und kleine Abwasserfaulräume und abflusslose Gruben für einzelne Liegenschaften in Betrieb.

Anschluss an ausserkantonale ARA

- ♣ 3 Gemeinden der Bündner Herrschaft (Fläsch, Jenins, Maienfeld) sind an die ARA Bad Ragaz (Kanton St. Gallen) angeschlossen.
- ♣ 6 Gemeinden im Misox (Cama, Grono, Leggia, Roveredo, San Vittore, Verdabbio) sind bzw. werden an die ARA Giubiasco (Kanton Tessin) angeschlossen.
- ♣ 3 Gemeinden im Bergell (Bondo, Castasegna, Soglio) werden im Jahre 2000 an die ARA Chiavenna (Italien) angeschlossen.

Anschluss an I-ARA

- ♣ 3 Gemeinden (Bonaduz, Rhäzüns, Tamins) sind an die I-ARA Domat/Ems (Tuma Lunga) der EMS-Chemie AG angeschlossen.

Anschlussgrad

Der Anschlussgrad der Bündner Bevölkerung an Zentrale und Industrie-ARA beträgt rund 97 %.

Hinweis: Weitere statistische Angaben siehe Bericht des AfU:
"Die Bündner Kläranlagen, 40 Jahre Gewässerschutz 1959-1999, Dezember 1999".

2 Aktuelle Behandlung und Entsorgung des Klärschlammes in Graubünden

Gegenwärtig sind nebst den Anlagen zur Stabilisierung des Klärschlammes (Faulräume und Stabilisierungsbecken) folgende Anlagen zur **weiteren Behandlung** des Klärschlammes im Kanton Graubünden in Betrieb:

Hygienisierungsanlagen	9
Vererdungsbeete	2 (Pilotanlagen)
Mobile maschinelle Entwässerungsanlagen	2
Stationäre maschinelle Entwässerungsanlagen	25 (Z- und I-ARA)
Co-Vergärungsanlage für Speiseabfälle inkl. Vorbehandlung (Hydrolyse)	1 (Samnaun)
Klärschlamm-Trocknungsanlage	1 (TRAC, Chur)

Im Jahre 1999 wurde der Klärschlamm wie folgt entsorgt:

♦ **Total anfallende Menge 5'909 t Trockensubstanz (t TS)**

Abbildung 1

in flüssiger Form	345 t TS
in entwässerter Form	3'757 t TS
in getrockneter Form	1'807 t TS

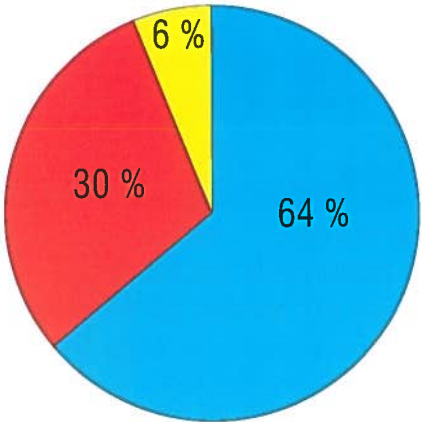
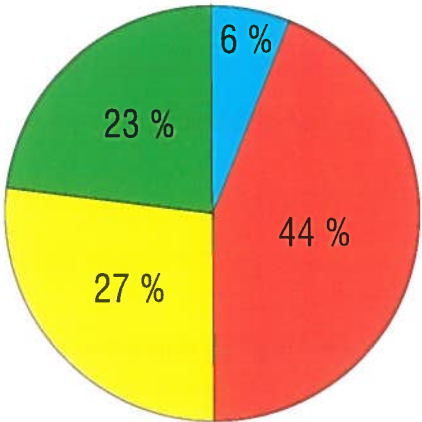


Abbildung 2

Landwirtschaftliche Verwertung*)	360 t TS
Verbrennung	2'612 t TS
Deponierung	1'586 t TS
Einsatz als Rekultivierungserde*)	1'351 t TS



*) Einsatz nur teilweise gesetzeskonform

3 Bisherige Klärschlammplanungen

3.1 Klärschlamm-Konzept für den Kanton Graubünden 1983

Am 31. Mai 1983 hat die Kantonale Klärschlammkommission, die Kantonale Zentralstelle für Ackerbau und das Amt für Gewässerschutz Graubünden das **Klärschlamm-Konzept für den Kanton Graubünden** herausgegeben.

Dieses Konzept entsprach:

- ✦ einer Standortbestimmung der Abwassersanierung einschliesslich der Behandlung und Entsorgung des anfallenden Klärschlammes in Graubünden (damals: 4000 t Trockensubstanz Klärschlamm)
- ✦ einer generellen Gesamtbilanz des verfügbaren Hofdüngers und Klärschlammes als Pflanzennährstoffe in der Landwirtschaft
- ✦ einer Wegleitung für die Anpassung der Behandlung und Entsorgung des Klärschlammes
- ✦ einer Empfehlung für die Lösung einiger Randprobleme, für die Organisation der Klärschlamm Entsorgung sowie für das weitere Vorgehen bei den einzelnen Kläranlagen.

3.2 Klärschlammplanung Graubünden 1994

Am 1. Februar 1994 hat die Kantonale Klärschlammkommission, das Amt für Umweltschutz Graubünden und die Kantonale Zentralstelle für Ackerbau die **Klärschlammplanung Graubünden** herausgegeben.

Dieser Bericht bildete die Entscheidungsgrundlage für die Wahl der Entsorgungswege und damit der Behandlungsverfahren für den Klärschlamm der Bündner Kläranlagen. Er ersetzte das Klärschlamm-Konzept für den Kanton Graubünden vom 31. Mai 1983. Die folgenden 4 Entsorgungswege wurden damals in Betracht gezogen:

- A Landwirtschaftliche Verwertung** des flüssigen, entwässerten, kompostierten oder getrockneten Klärschlammes als Pflanzen-Phosphordünger (Ergänzungsdünger zum Hofdünger).
- B Verbrennung** des Klärschlammes als Alternativbrennstoff in den Bündner Cementwerken Untervaz (Substitution von Kohle oder Schweröl) nach vorgängiger Entwässerung und Trocknung.
- C Deponierung** des entwässerten Klärschlammes mit dem Siedlungsabfall in den 5 Reaktordeponien der Regionen Surselva, Engiadina bassa, Val Müstair, Oberengadin, Mesolcina/Calanca.
- D Einsatz des kompostierten Klärschlammes als Rekultivierungserde (künstliche Kulturerde)** in Regionen mit Humusmangel.

3.3 Klärschlamm Trocknung Graubünden 1997

Im Juni 1997 hat das Amt für Umweltschutz Graubünden die Broschüre **Klärschlamm Trocknung Graubünden** herausgegeben.

Dieser Bericht beschreibt die Entstehungsgeschichte und die Vorarbeiten für die heute im Betrieb stehende Klärschlamm-Trocknungsanlage der Stadt Chur auf der ARA Chur (TRAC).

4 Rechtsgrundlage für den Klärschlamm-Entsorgungsplan

Gemäss Art. 18 der GSchV vom 28. Oktober 1998 (seit 1. Januar 1999 in Kraft) erstellen die Kantone einen Klärschlamm-Entsorgungsplan und passen ihn in den fachlich gebotenen Zeitabständen den neuen Erfordernissen an.

Der Klärschlamm-Entsorgungsplan legt gemäss GSchV mindestens fest:

- a** wie der Klärschlamm der zentralen Abwasserreinigungsanlagen entsorgt werden soll;
- b** welche Massnahmen, einschliesslich der Erstellung und Änderung von Anlagen, die der Entsorgung des Klärschlammes dienen, bis zu welchem Zeitpunkt erforderlich sind.

Er ist öffentlich zugänglich.

5 Geltungsbereich des Klärschlamm-Entsorgungsplans

Für den Kanton Graubünden ist es angebracht, nicht nur den Klärschlamm aus zentralen öffentlichen Kläranlagen, sondern auch denjenigen aus privaten Kleinkläranlagen miteinzubeziehen.

6 Verbindlichkeit des Klärschlamm-Entsorgungsplans

Nach Art. 21 Abs. 4 GSchV dürfen die Inhaber von zentralen ARA den Klärschlamm nur mit Zustimmung der kantonalen Behörde (= AfU) auf andere Weise entsorgen, als dies der kantonale Klärschlamm-Entsorgungsplan vorsieht. Soll der Klärschlamm in einem anderen Kanton entsorgt werden, hört die kantonale Behörde vorgängig die Behörden des Empfängerkantons an.

II ZIEL

Das Ziel des vorliegenden Klärschlamm-Entsorgungsplans ist:

die aktuellen Möglichkeiten der Behandlung und Entsorgung des in den Bündner Kläranlagen anfallenden Klärschlammes aufzuzeigen und zwar

- **unter Berücksichtigung der geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und**
- **der herrschenden Gegebenheiten**
- **für einen überblickbaren Zeitraum von 10 - 12 Jahren.**

Vorliegender Klärschlamm-Entsorgungsplan ersetzt die Klärschlammplanung Graubünden 1994.

Auf einen eigentlichen konkreten verbindlichen Massnahmenplan für alle Kläranlagen wird bewusst verzichtet. Dies weil oft verschiedene Massnahmen für die gleiche Kläranlage zum Ziele führen können. Der Anlageinhaber soll von Fall zu Fall die beschriebenen Lösungen abwägen und die Wahl treffen können.

III KLÄRSCHLAMM-ENTSORGUNGSWEGE

1 Übersicht über die Entsorgungswege

In der **Klärschlammplanung Graubünden** 1994 wurden bekanntlich die folgenden 4 Entsorgungswege in Betracht gezogen:

- A Landwirtschaftliche Verwertung
- B Verbrennung
- C Deponierung
- D Rekultivierung.

Die zwischenzeitliche Entwicklung in der Landwirtschaft in Richtung Ökologisierung (Biolandbau und integrierte Produktion [entspricht nach neuer landwirtschaftlicher Gesetzgebung dem "Standard"]) und das Deponieverbot für brennbare Abfälle seit 1. Januar 2000 führten dazu, dass:

- ♣ die Entsorgungswege A und D an Bedeutung verlieren
- ♣ der Entsorgungsweg C aufgegeben werden musste
- ♣ der Entsorgungsweg B einen grösseren Stellenwert erhält.

Damit ergeben sich neu folgende Entsorgungswege für die nahe Zukunft:

- Ⓐ **Düngung** einschliesslich Rekultivierung (Abschnitt 2)
- Ⓑ **Trocknung/Verbrennung** im Zementofen HCB (Abschnitt 3).

Der Schlamm aus den vielen Kleinkläranlagen, insbesondere in abgelegenen Gebieten stellt ein spezielles Entsorgungsproblem dar. Obwohl diese Schlammmenge im Verhältnis zur Gesamtmenge klein ist (unter 5 %), werden wegen der grossen Anzahl Bündner Anlagen in diesem Entsorgungsplan dafür zusätzliche Lösungswege aufgezeigt (Abschnitt 4).

Auch in abflusslosen Gruben gespeichertes Rohabwasser muss einwandfrei entsorgt werden. Da die entsprechende Entsorgung mit der Entsorgung von Schlamm aus Kleinkläranlagen artverwandt ist, wird sie auch in diesem Entsorgungsplan behandelt (Abschnitt 5).

2 Entsorgungsweg Ⓐ: Düngung

2.1 Allgemeine Rahmenbedingungen

Der Entsorgungsweg Ⓐ Düngung enthält alle Verwertungsarten von Klärschlamm und kompostiertem Klärschlamm als **Abfalldünger (Stoffverordnung, Anhang 4.5, Ziffer 1)**. Abfalldünger sind Dünger im Sinne der Umwelt- und Gewässerschutzgesetzgebung. Das AfU unterscheidet zwischen

- ♣ der Düngung von landwirtschaftlich genutzten Parzellen und
- ♣ der Verwertung von kompostiertem Klärschlamm für Rekultivierungen resp. als Bestandteil von künstlicher Kulturerde.

Die zahlreichen Ausführungsbestimmungen für diese Entsorgungsarten sind zur Hauptsache im **Anhang 4.5 der Stoffverordnung** enthalten. Die für die Abgeber und Anwender von Klärschlamm verbindlichen Vorschriften beziehen sich auf folgende Aspekte:

- ✦ **Klärschlamm-Qualität:** Grenzwerte für die zulässigen Gehalte an Schwermetallen, Richtwert für den Gehalt an organischen Schadstoffen (adsorbierbare organische Halogenverbindungen, AOX) und Klärschlammhygiene (seuchenhygienische Beschaffenheit des Klärschlammes).
- ✦ **Aufbereitung von Klärschlamm:** Abgrenzung der Begriffe Klärschlamm und Kompost.
- ✦ **Bedarfsnachweis:** Klärschlamm darf nur dann abgegeben werden, wenn der Abnehmer einen Bedarfsnachweis für die darin enthaltene Phosphormenge erbringen kann.
- ✦ **Information:** Die Klärschlammabnehmer sind mittels Gebrauchsanweisung und Lieferschein über ihren Klärschlammbezug zu informieren. Im weiteren ist auf der ARA ein Abnehmerverzeichnis zu führen.
- ✦ **Verwendung:** Die Stoffverordnung enthält umfassende Bestimmungen zur umweltschonenden Verwendung von Abfalldüngern, die direkt als Dünger oder in aufbereiteter Form als Dünger oder als Bestandteil von künstlicher Kulturerde eingesetzt werden. Die Einsatzmenge muss unter Berücksichtigung des Gehaltes an Pflanzennährstoffen im Klärschlamm bzw. im kompostierten Klärschlamm, des Nährstoffgehaltes im Boden und des Bedarfes der zu düngenden Kultur bzw. der Ansprüche der angestrebten Pflanzengesellschaft festgelegt werden, wobei eine maximal erlaubte Klärschlammmenge pro Flächeneinheit nicht überschritten werden darf. Es besteht eine Hygienisierungsvorschrift für Klärschlamm, welcher auf Futter- und Gemüseflächen eingesetzt oder in Güllegruben eingefüllt wird. Zudem gibt es Regelungen über den Zeitpunkt des Klärschlammaustrages sowie über Flächen mit Düngeverbot. Ebenso müssen die Standortverhältnisse (Pflanzenbestand, Topographie und Bodenverhältnisse), die Witterung und Beschränkungen durch weitere gesetzliche Bestimmungen oder Nutzungsvereinbarungen berücksichtigt werden.

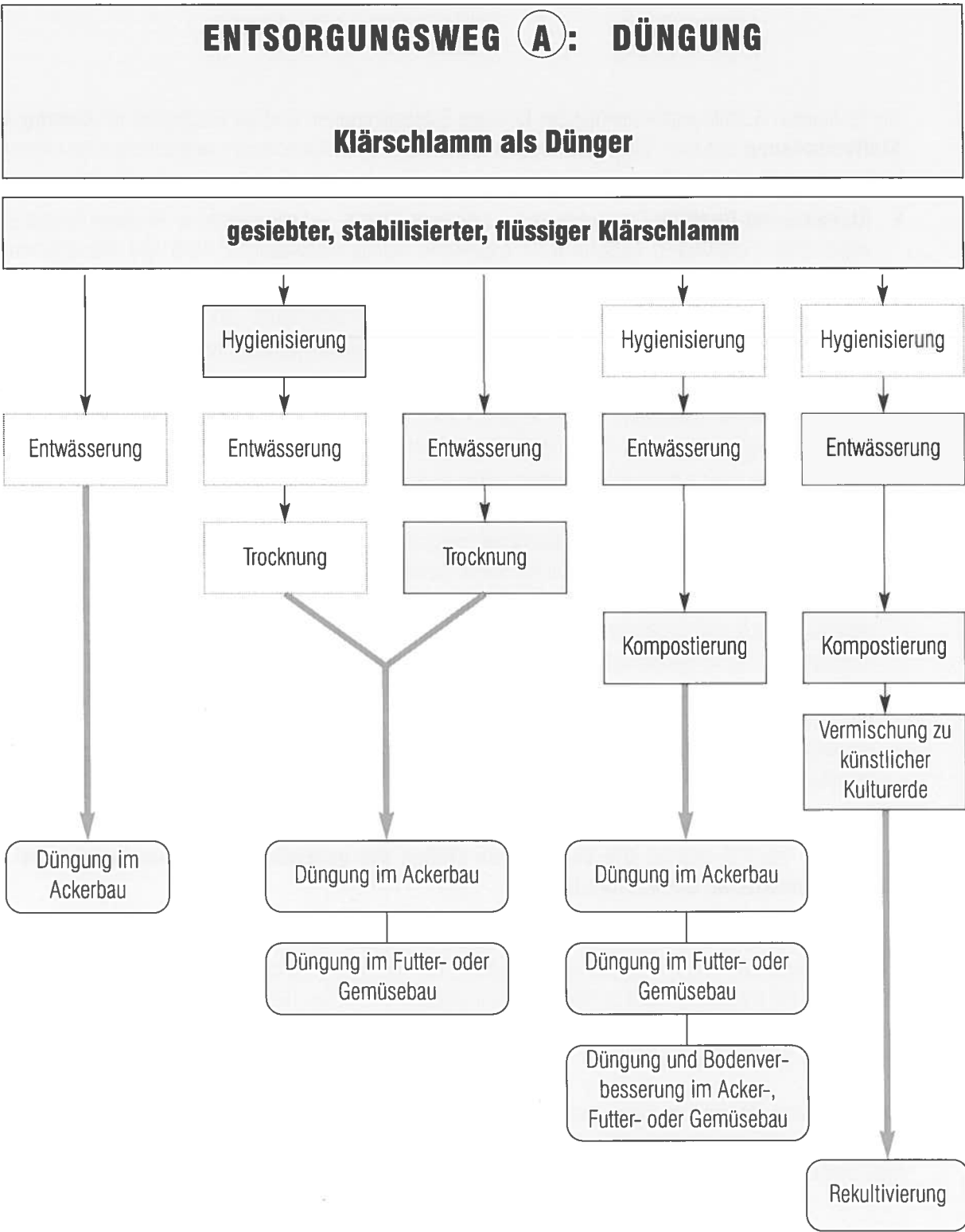
Die Bestimmungen der Stoffverordnung sollen sicherstellen, dass die Düngung mit Klärschlamm weder Gewässer, noch Böden oder Luft belastet. **Die Vorschriften stellen das gesetzliche Minimum dar, das bei jedem Klärschlammaustrag einzuhalten ist.**

Neben der Stoffverordnung beeinflussen weitere gesetzliche Erlasse den Austrag von Klärschlamm und von künstlicher Kulturerde. Die Verordnung über die biologische Landwirtschaft und die Direktzahlungsverordnung beispielsweise regeln die Voraussetzungen für den Erhalt von landwirtschaftlichen Direktzahlungen. Sie beinhalten u.a. ebenfalls Bestimmungen für die Verwendung von Düngern und kommen dann zum Tragen, wenn sich Landwirte für den Bezug dieser Subventionen anmelden.

Ausserdem wird die konkrete Anwendung des Düngers Klärschlamm in Weisungen und Merkblättern erläutert. Zur Herstellung und Verwendung von Klärschlamm als Bestandteil von künstlicher Kulturerde hat das AfU zwei verbindliche Schriften herausgegeben. Eine ausführliche Liste mit den massgebenden Bestimmungen ist im Anhang zu finden.

2.1.1 Übersicht und Erläuterungen

Je nach der beabsichtigten Verwendungsart muss Klärschlamm vorgehend unterschiedlich aufbereitet werden. Die nachfolgende Darstellung zeigt zusammenfassend die in Abhängigkeit der Verwertungsart notwendigen Verfahrensschritte.



Erläuterungen:

- Obligatorisches Aufbereitungsverfahren
- Fakultatives Aufbereitungsverfahren
- Mögliche Verwertungsart
- zu einem Aufbereitungsverfahren
- zur Verwendung des Produktes

Fortsetzung der Erläuterungen siehe nächste Seite

Fortsetzung der Erläuterungen

Klärschlamm-Hygienisierung

Das Ziel der Hygienisierung von Klärschlamm ist die Abtötung von möglichen Krankheitserregern. In der Regel werden die geltenden Anforderungen über ein entsprechendes Schlammbehandlungsverfahren auf der ARA erreicht. Daneben kann Klärschlamm auch durch Trocknung auf über 85 % Trockensubstanz oder durch fachgerechte Kompostierung mit Heissrotte hygienisiert werden.

Auf Grünland darf zur Düngung nur hygienisierter Schlamm verwendet werden. Auch für die Zwischenlagerung in Güllegruben besteht die Hygienisierungspflicht. Nicht hygienisierter Schlamm kann im Ackerbau generell vor der Saat sowie nach der Saat bei einzelnen Kulturen, z.B. Körnerfrüchten, eingesetzt werden.

Kompostierung

Zur Kompostierung wird Klärschlamm zusammen mit weiterem organischen Material bei einem Mischungsverhältnis bezogen auf das Volumen (m^3) des Ausgangsmaterials ab ca. 1 : 3 (auf einen Teil Klärschlamm mindestens drei Teile anderes organisches Material) einem Rotteprozess unterzogen. Beim Rotteverlauf muss eine Hitze- und Trocknungsphase zur Gewährleistung einer Hygienisierung durchlaufen werden. Die Einhaltung der Kompost-Qualitätsvorschriften der Stoffverordnung und der Weisungen des IUL muss sichergestellt werden.

Künstliche Kulturerde

Künstliche Kulturerde bezeichnet man das Produkt, welches aus der Vermischung von Kompost mit einer vorwiegend mineralischen Komponente entsteht. Wird Klärschlamm zur Herstellung von künstlicher Kulturerde verwendet, muss er in einem ersten Schritt kompostiert werden. Anschliessend wird der Kompost mit der mineralischen Komponente bezogen auf das Volumen (m^3) im Verhältnis von ca. 1 : 2.5 vermischt und in einer Schichtdicke von höchstens 20 cm aufgetragen.

Düngung im Acker-, Futter- oder Gemüsebau

- ✦ Nachweis des Düngerbedarfes.
- ✦ Maximal 5 t TS Klärschlamm / ha in 3 Jahren, Kompost maximal 25 t TS / ha in 3 Jahren.
- ✦ Vorschriften für Klärschlamm und Kompost der Stoffverordnung (Anhang 4.5).

Bodenverbesserung

- ✦ Es darf nur Kompost mit tiefen Nährstoffgehalten (gemäss Weisungen IUL) verwendet werden.
- ✦ Ausbringungsmenge maximal 85 t TS Kompost / ha in 10 Jahren.
- ✦ Berücksichtigung der Pflanzennährstoffe im Kompost in der Düngungsplanung.

Rekultivierung

- ✦ Verwendung von künstlicher Kulturerde entstanden durch Vermischung von Kompost mit einer vorwiegend mineralischen Komponente (Aushub- oder Ausbruchmaterial).
- ✦ Maximal 170 t TS Kompost pro ha in 20 Jahren.
- ✦ Einhaltung der Qualitätsanforderungen für künstliche Kulturerde (gemäss Merkblatt AfU Graubünden).

2.2 Düngung mit Klärschlamm in der Landwirtschaft

2.2.1 Entwicklung

Die mengenmässige Abgabe von Klärschlamm als Dünger ist in den letzten Jahren sowohl gesamtschweizerisch als auch im Kanton Graubünden zurückgegangen (Berichte zur Klärschlamm Entsorgung 1995, 1996, 1997 und 1998 des AfU Graubünden). Drei Gründe sind zur Hauptsache dafür verantwortlich:

- ✦ **Der Vollzug der Stoffverordnung:** Die seit 1992 herabgesetzte **maximal erlaubte Ausbringmenge** sowie der notwendige **Bedarfsnachweis** vor einem Klärschlammbezug dürften jene Bestimmungen der Stoffverordnung sein, die am stärksten zur mengenmässigen Reduktion der Klärschlamm Düngung beigetragen haben. Sie haben zahlreiche Klärschlammabnehmer zur Minderung ihrer bisherigen Bezüge gezwungen. Die 1992 verschärften Schwermetall-Grenzwerte haben demgegenüber nur in Einzelfällen oder kurzfristig zu Verwertungsengpässen geführt. Auf Ende 1997 wurde der Austrag von nicht hygienisiertem Klärschlamm auf Futterflächen generell verboten. Diese Vorschrift hat den Austrag von Schlamm aus zahlreichen Kläranlagen in höheren Lagen eingeschränkt oder verunmöglicht.
- ✦ **Eine mit staatlichen Direktzahlungen geförderte Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion:** Die „neue“ schweizerische Agrarpolitik bindet die finanzielle Unterstützung der Landwirtschaft an ökologische Leistungen hinsichtlich Bodenschutz, Fruchtfolge, dem Einsatz von Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln, biologischen Landbau u.a. Bei diesen Bewirtschaftungsmethoden ist einerseits wegen der tieferen Produktionsintensität der Bedarf an Düngemitteln geringer und andererseits sind die staatlichen Beiträge mit Auflagen zur Ausscheidung von nicht oder kaum gedüngten Flächen (Hecken, Magerwiesen etc.) verbunden. In Graubünden beteiligten sich bis 1999 rund 50 % der Landwirtschaftsbetriebe am Programm der integrierten Produktion und etwa 35 % an jenem des biologischen Anbaues (vgl. Abbildung 2.1). Im Biolandbau ist die Düngung mit Klärschlamm nicht erlaubt.
- ✦ **Das ungünstige Image von Klärschlamm:** Die allgemeine Hinwendung zu einer naturnahen und tiergerechten Landwirtschaft ist im Besonderen auch eine aktuelle Forderung von weiten Teilen der Konsumenten. Vor diesem Hintergrund hat der Dünger Klärschlamm wegen seinem sowohl bei Landwirten als auch in der nicht-landwirtschaftlichen Bevölkerung nach wie vor **problematischem Image** ("Schwermetalle", "Fäkalien" etc.) an Bedeutung verloren. Insbesondere in der Nähe von Wohngebieten ist der Austrag von (flüssigem) Klärschlamm kaum noch durchführbar.

2.2.2 Aussichten

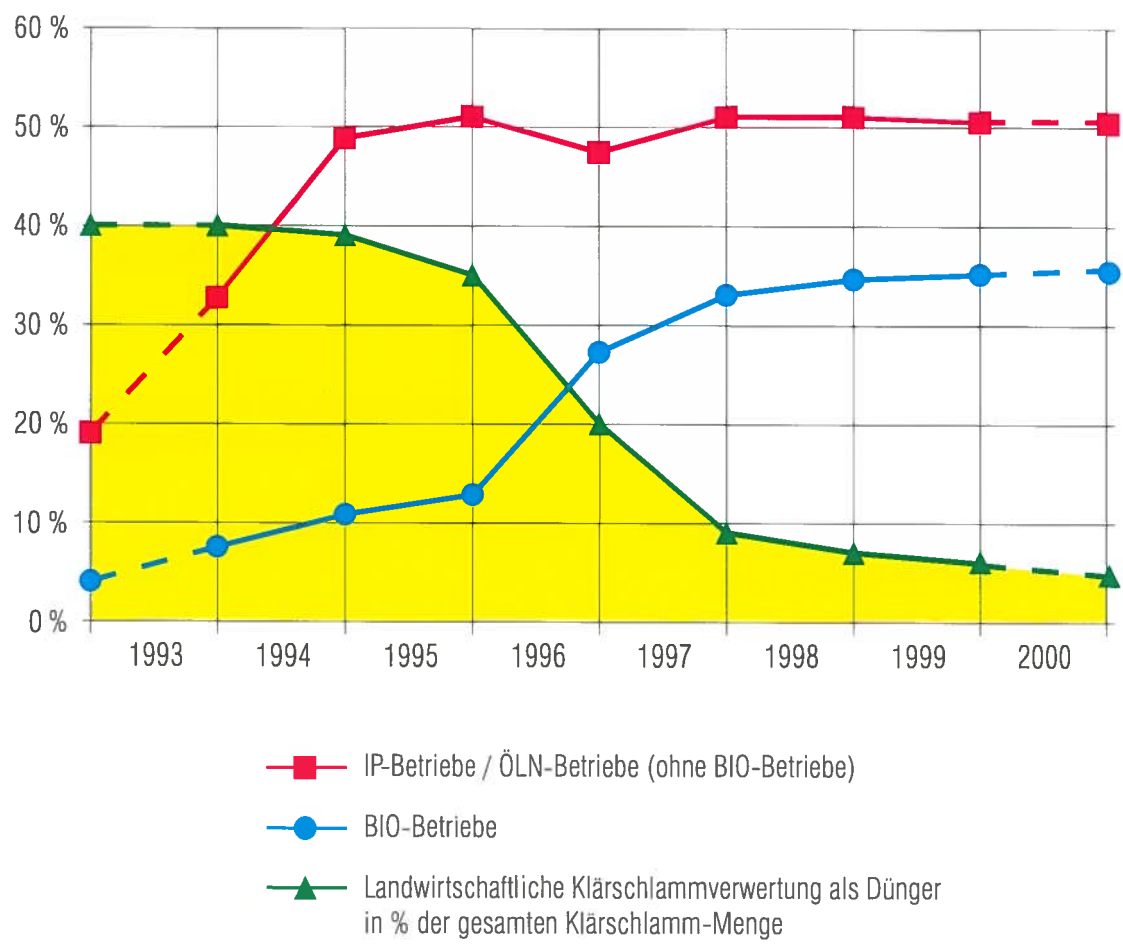
Die angesprochene "Ökologisierung" der Landwirtschaft ist gesetzlich verankert und wird im Rahmen der Umsetzung der Agrarreform "Agrarpolitik 2002" ihre Wirkung zeigen. Die staatliche finanzielle Agrarstützung (Direktzahlungen) beschränkt sich neuerdings ausschliesslich auf jene Betriebe, die nach umweltschonenden Methoden bewirtschaftet werden. Die zentralen Punkte der bisherigen Anbaumethode "Integrierte Produktion" (IP) gelten nun als genereller Minimumstandard für den Bezug von Direktzahlungen. Für den Kanton Graubünden ist zu erwarten, dass die Hinwendung zum ("klärschlammfreien") biologischen Landbau noch weitergehen wird. Besonders in den klimatisch benachteiligten höheren Lagen bietet die Umstellung auf Biolandbau anbautechnisch keine besonders grossen Probleme, dafür aber neue Chancen, den Markt mit ökologisch produzierten Qualitätsprodukten zu beliefern.

Im weiteren ist zu beachten, dass sich der Bund bei der Vermarktung von Agrarprodukten schrittweise zurückziehen wird. Die Landwirte werden ihre Produkte in Zukunft direkt an Verarbeiter, Branchenorganisationen, Grossverteiler etc. verkaufen müssen. Diese Aufkäufer von Landwirtschaftsprodukten werden dann auch zunehmend ihre eigenen

Qualitätsanforderungen festlegen, die durchaus strenger sein können als die bestehenden gesetzlichen Minimalanforderungen. Bereits heute ist festzustellen, dass eine ganze Reihe von Qualitäts-Labels für Nahrungsmittel entstanden sind. Es ist nicht auszuschliessen, dass bei einzelnen Produktionslinien (Labels) die Klärschlammdüngung aus Imagegründen oder im Sinne einer Annäherung an die Methoden des Biolandbaues eingeschränkt wird. Solche vertraglichen Abmachungen zwischen Produzenten und Abnehmern erschweren die Voraussagen für den zukünftigen Klärschlammabsatz in der Landwirtschaft.

Gesamthaft kann davon ausgegangen werden, dass Klärschlamm als Dünger nur noch in Ackerbauregionen, wo der Düngerbedarf mit den betriebseigenen Hofdüngern nicht gedeckt werden kann, eine gewisse Bedeutung behalten wird. In den höheren Lagen im Kanton Graubünden (Bergzonen) wird die Klärschlammdüngung wegen des generell geringen Bedarfes an betriebsfremden Düngern, der starken Ausbreitung des Biolandbaues oder der oftmals fehlenden Schlammhygienisierung mengenmässig unbedeutend sein.

Abbildung 3: Entwicklung der IP- und Bio-Landwirtschaftsbetriebe und landwirtschaftlich verwerteter Klärschlammanteil in Graubünden zwischen 1992 bis 2000. (Die bisherige Bestimmungen der IP gelten ab 1999 als Standard für den Bezug von Direktzahlungen für alle Betriebe.)



2.2.3 Möglichkeiten

Die folgenden Ausführungen sollen dazu beitragen, die künftigen Möglichkeiten der Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft abzuschätzen und zu quantifizieren. Der in der Landwirtschaft gegenwärtig stattfindende Strukturwandel, die entstehenden Marktverhältnisse und die sich ändernde agrarpolitische Rolle des Bundes erschweren zuverlässige Prognosen, doch kann für die nächsten Jahre von der Fortführung der erwähnten Tendenzen ausgegangen werden.

Erhebungen und Berechnungen

Um Anhaltspunkte über die bestehenden Nährstoffverhältnisse im Kanton Graubünden zu erhalten, wurden anhand der statistisch erfassten Zahlen über die Tierbestände und die landwirtschaftlich genutzte Fläche (ohne Sommerweiden) Nährstoffbilanzen für jede einzelne Gemeinde berechnet. Die dafür verwendeten Zahlen stammen aus der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturerhebung von 1996 und wurden vom Bundesamt für Statistik in Bern zur Verfügung gestellt.

Aufgrund der durchgeführten Bilanzrechnungen kann bestimmt werden, wie weit in einer Gemeinde die vorhandenen Hofdünger aus der Tierhaltung (Mist, Gülle) den Düngerbedarf der landwirtschaftlich genutzten Fläche decken. Die Berechnungen wurden auf den Pflanzennährstoff Phosphor bezogen. Wird ein Phosphor-Manko festgestellt, dann bedeutet dies, dass für eine bedarfsgerechte Düngung phosphorhaltige Düngemittel zugeführt werden müssen. Die Berechnung erlaubt es, ein Potential für betriebsfremde Phosphordünger zu bestimmen. Diese können in Form von Klärschlamm, Kompost oder phosphorhaltigen Mineraldüngern eingesetzt werden.

Um zusätzliche Anhaltspunkte über die zukünftigen Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zu erhalten, wurden Angaben über die Ausbreitung des biologischen Landbaues (% "Bioflächen" in den Gemeinden) sowie der aktuelle Stand der Klärschlammhygienisierung auf den einzelnen ARA miteinbezogen.

Ergebnisse und Interpretation

Die Resultate werden für die Gemeinden im jeweiligen Einzugsgebiet einer ARA zusammenfassend dargestellt. Zur Beurteilung der künftigen Möglichkeiten für die Klärschlamm-Düngung in einem ARA-Einzugsgebiet wurde eine Einteilung in vier mögliche Kategorien vorgenommen. Aufgrund der Parameter

- ◆ Phosphor-Bilanz,
- ◆ Klärschlammhygienisierung und
- ◆ Bioanteil der Nutzfläche

kann jedes Einzugsgebiet einem der in der folgenden Abbildung dargestellten Fälle mit einem bestimmten **Potential** für die Düngung mit Klärschlamm zugeordnet werden.

In der Abbildung **nicht** berücksichtigt ist die Akzeptanz des Klärschlammes als Dünger (s. Seite 15).

Abbildung 4: Einteilung des Düngungspotentiales für Abfalldünger in vier Kategorien

Phosphor-Bilanz	Klärschlamm-Hygienisierung	Bioanteil der Nutzfläche	Kategorie (1 bis 4)
klares Manko	problemlos	gering oder mittel	1 Grundsätzlich günstige Voraussetzungen für die Düngung mit Klärschlamm.
klares Manko	problemlos	hoch	
klares Manko	einschränkend	gering bis hoch	2 Die günstigen Aussichten für Klärschlamm-düngung werden durch den hohen Anteil Bio-landbau und/oder durch fehlende KS-Hygienisierung eingeschränkt.
geringes Manko	problemlos	gering bis hoch	
geringes Manko	einschränkend	gering bis hoch	3 Aufgrund eines geringen Phosphormankos wird die Klärschlammdüngung mengenmässig keine wesentliche Bedeutung einnehmen.
geringes Manko	stark einschränkend	gering bis hoch	
kein Manko	stark einschränkend	gering bis hoch	4 Klärschlammdüngung hat mengenmässig keine Bedeutung, weil kein Phosphormanko besteht und/oder keine KS-Hygienisierung vorliegt.

Erläuterungen zur Kategorien-Bildung:

- ♦ **Phosphor-Bilanz:** Ein "klares" Phosphormanko in einem ARA-Einzugsgebiet besteht dann, wenn die vorhandenen Hofdünger weniger als 95 % des Bedarfes decken. Vermögen die Hofdünger den Bedarf nicht vollständig aber mindestens zu 95 % zu decken, besteht ein "geringes" Manko. Besteht kein Manko (ausgeglichene Bilanz oder Phosphorüberschuss), decken die Hofdünger den gesamten Phosphor-Bedarf bereits ab.
- ♦ **Klärschlamm-Hygienisierung:** Der Stand der Schlammhygienisierung wird dann als "problemlos" beurteilt, wenn der Klärschlamm auf einer ARA hygienisiert wird oder die Ackerfläche in einem Einzugsgebiet so gross ist, dass ein möglicher Phosphorbedarf auch mit unhygienisiertem Klärschlamm gedeckt werden kann. Bei fehlender Hygienisierung und einem Ackerbauanteil, der nur einen Teil des Phosphormankos abdeckt wird die mögliche Klärschlammdüngung eingeschränkt. Fehlt die Hygienisierung bei reiner Grünlandnutzung im Einzugsgebiet, ist die Klärschlammdüngung nahezu unmöglich.
- ♦ **Bioanteil der Nutzfläche:** Wird bereits heute 30 % oder mehr der Nutzfläche biologisch bewirtschaftet ("hoher" Anteil), wird das Potential für die Klärschlammdüngung stark beeinträchtigt. Ein heutiger Flächenanteil von unter 10 % wird an dieser Stelle als "gering", ein solcher zwischen 10 und 20 % als "mittel" bezeichnet.

Tabelle 1: Klärschlamm-Düngungspotentiale für die Einzugsgebiete der Bündner Kläranlagen **in Betrieb**
(Berechnungsgrundlage = Betriebsstrukturerhebung 1996)

Einzugsgebiet der ARA ...	Kategorie ¹⁾	Einzugsgebiet der ARA ...	Kategorie ¹⁾
Alvaneu (inkl. Surava und Bergün)	2	Obersaxen (Valata)	4
Alvaschein (Spulagn)	3	Poschiavo (Li Geri)	2
Ardez	4	Ramosch (inkl. Seraplana)	3
Arosa	4	Rongellen	4
Ausserferrera	4	Rossa	4
Avers (Campsut, Cresta, Juf)	4	Rueun (Sablun)	3
Bivio	4	Safien (Camanaboden, S. Platz)	4
Breil/Brigels (Sorts)	3	Samedan (Sax)	4
Brusio (Li Geri, Miralago)	2	Samnaun	4
Buseno (Aurel)	4	S-chanf (Furnatsch)	4
Buseno (Paese)	4	Schluein (Gruob)	1
Calfreisen	4	Scuol (Sot Ruinas)	2
Castaneda	4	Seewis (Vorderes Prättigau)	2
Cazis (Waldau)	1	Sils i.E./Segl	4
Celerina/Schlarigna (Staz)	4	Silvaplana	4
Chur	1	Soglio	4
Churwalden (Parzutt)	4	Splügen	4
Cumbel	2	Stampa	4
Cunter (Sot Gôt)	2	Stampa (Maloja)	4
Davos (inkl. Wiesen)	3	Sufers	4
Disentis/Mustér (Raveras, Disla)	3	Sur	4
Domat/Ems (Tuma Lunga)	1	Susch	3
Feldis/Veulden (Fontanuglia)	4	Tenna	4
Flims	3	Tenna (Innerbürg)	4
Flond	1	Tiefencastel	2
Ftan	4	Trimmis	1
Guarda	3	Trin (Dabi und Isla)	1
Hinterrhein	4	Trun (Zavragia)	3
Igis (Landquart)	1	Tschlin	3
Innerferrera (Nord und Süd)	4	Tujetsch (inkl. Cavorgia)	4
Klosters (Serneus und Gulfia)	3	Tumegl/Tomils	2
Lavin	3	Valendas (inkl. Dutjen u. Brün)	1
Lostallo	1	Vals (Camp)	4
Lüen	4	Vaz/Obervaz (Canius, Faschas)	4
Lumbrein (inkl. Nussaus, Surin)	4	Vella	4
Luzern (Dalvazza)	3	Versam (inkl. Sculms Vorderhof)	3
Medel Lucmagn (Curaglia, Fuorns)	4	Vicosoprano	4
Medels i. Rh.	3	Vrin (Cons)	4
Mesocco (San Bernardino)	4	Zernez (inkl. Brail)	3
Molinis	4	Zillis Reischen (Val Schons)	2
Müstair (Sot Rivas)	2		

¹⁾ Definition siehe Seite 13

Tabelle 2: Klärschlamm-Düngungspotentiale für die Einzugsgebiete der Bündner Kläranlagen **in Planung und im Bau** (Berechnungsgrundlage = Betriebsstrukturerhebung 1996)

Einzugsgebiet der ARA ...	Kategorie ¹⁾	Einzugsgebiet der ARA ...	Kategorie ¹⁾
Ardez (Bos-cha)	4	Nufenen	4
Arvigo	4	Pigniu	4
Avers (Juppa)	4	Pitasch	4
Degen (Turatscha)	3	Riein	4
Duvin	4	Selma	4
Langwies	4	Sent (Sur En)	3
Marmorera	4	St. Antönien	4
Mesocco (Deira)	4	Tujetsch (Selva)	4
Mulegns	4	Uors-Peiden (Suraua)	2
Mutten	4	Vrin (Spinas)	4

¹⁾ Definition siehe Seite 13

Im Anhang ist eine ausführlichere Tabelle zu finden, welche zusätzliche Informationen über den mengenmässigen jährlichen Phosphoranfall im Klärschlamm gibt und die Grössenordnung von allfälligen Phosphormankos je ARA-Einzugsgebiet angibt. Mit diesen Angaben kann abgeschätzt werden, welcher Klärschlammanteil einer ARA möglicherweise landwirtschaftlich verwertet werden kann.

Akzeptanz

Die Bereitschaft der Landwirte auf ihren Betrieben Klärschlamm als Dünger einzusetzen, stellt letztlich den ausschlaggebenden Faktor dar. Die Landwirte sind bei der Wahl der Dünger frei. Ob zur Hofdüngerergänzung Klärschlamm, Kompost oder mineralische Dünger verwendet werden, wird aufgrund der Anforderungen des Standortes und der betreffenden Kultur aber ebenso aufgrund von persönlichen Präferenzen entschieden. Die Akzeptanz des Klärschlammes ist daher nicht quantifizierbar und kann sich kurzfristig stark verändern. Die Eigenschaften des verfügbaren Klärschlammes hinsichtlich Fremdstoff- oder Trockensubstanzgehalt können hier ebenso bedeutend sein, wie die Nähe der landwirtschaftlichen Nutzfläche bei Wohnsiedlungen oder das Einvernehmen der Landwirte mit Gemeindevertretern. Die Gründe für oder gegen den Einsatz von Klärschlamm können äusserst vielfältig sein und müssen sich keineswegs ausschliesslich an düngungstechnischen Fragen orientieren. Auch in Regionen mit ausgewiesenem Nährstoffbedarf kann bei fehlender Akzeptanz die Klärschlammdüngung bedeutungslos sein.

2.3 Klärschlammverwertung bei Rekultivierungen mit künstlicher Kulturerde

2.3.1 Entwicklung

Die Abgabe von Klärschlamm als Rohstoff für Rekultivierungen hatte mengenmässig im Kanton Graubünden stark zugenommen (Berichte zur Klärschlammentsorgung 1995, 1996, 1997 und 1998, AfU Graubünden). Verschiedene Gründe waren für diese Entwicklung verantwortlich:

- ✦ Rückgang der Klärschlammdüngung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen und Sömmerungsweiden im Alpgebiet (Ausführungen im Kapitel 2.2.1).
- ✦ Teilweise fehlende Reaktordeponien.
- ✦ Entsorgungsweg B über Trocknung und Verbrennung steht erst seit Herbst 1999 zur Verfügung.

Diese drei Punkte bewirkten einen Entsorgungsnotstand für die Anlagenbetreiber (Verbände und Gemeinden), so dass der frühere Entsorgungsweg D (Rekultivierung) zunehmend attraktiver wurde (vgl. Klärschlammplanung Graubünden, 1994). Zudem begünstigte eine vorerst mangelhafte Regelung und Überwachung des Weges D diese Art der Entsorgung. Es muss festgehalten werden, dass ein grosser Teil des auf diese Art "verwerteten" Klärschlammes bisher nicht fachgerecht im Sinne des Umweltschutzgesetzes als Abfalldünger eingesetzt wurde. Vielmehr handelte es sich um unbewilligte Deponierungen. Bei den durchgeführten Rekultivierungen wurde der Klärschlamm selten vorschriftsgemäss verarbeitet und verwendet, indem der düngerhaltige Rohstoff nicht kompostiert und in viel zu hohen Mengen ausgebracht wurde.

2.3.2 Aussichten

Klärschlamm kann in Zukunft nicht mehr unter dem Vorwand einer Rekultivierung "deponiert" werden. Auch die Herstellung von künstlicher Kulturerde muss in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Forschungsanstalten und des AfU erfolgen. Die Mengenbeschränkung muss eingehalten werden. Der Bedarf ist in zweifacher Hinsicht auszuweisen:

1. Für eine Rekultivierung ist in erster Linie natürlicher, ausgehobener Ober- und Unterboden zu verwenden, welcher in der Region anfällt und sonst deponiert werden müsste. Ist regional kein solches Material vorhanden, kann fachgerecht hergestellte künstliche Kulturerde eingesetzt werden.
2. Die Standortverhältnisse, die Witterung sowie der tatsächliche Nährstoffbedarf der Pflanzen ist beim Einsatz von künstlicher Kulturerde zu berücksichtigen, weil das Erzeugnis ein Vielfaches der jährlich von den Pflanzen benötigten Nährstoffmengen enthält (vgl. Praktischer Bodenschutz, Anleitung für tiefbauliche Eingriffe in den Boden, AfU Graubünden, Dezember 1997, Ziff. 10 sowie Merkblatt des AfU Graubünden zur Herstellung von künstlicher Kulturerde vom Juli 1997).

2.3.3 Möglichkeiten

Die Möglichkeiten für die Verwertung von Klärschlamm in Rekultivierungen im Kanton Graubünden können zum jetzigen Zeitpunkt nicht angegeben werden. Die Angaben der ARA weisen zwar für die letzten Jahre eine für Rekultivierungen eingesetzte Menge Klärschlamm von ca. 33 % der im Kanton anfallenden Menge aus, was etwa 2000 t TS entspricht. Um diese Menge in Übereinstimmung mit der Stoffverordnung einzusetzen, würde eine Fläche von jährlich etwa 60 ha benötigt, sofern die Höchstmengen ausgeschöpft werden dürften. In Graubünden kann diese Höchstmenge nur selten ausgenutzt werden, weil viele Flächen aufgrund der Nährstoffbilanz oder aufgrund ihrer Lage keinen oder nur einen sehr eingeschränkten Bedarf an Nährstoffen haben. Es wird deshalb schwierig sein, in Zukunft geeignete Flächen für die Rekultivierung mit künstlicher Kulturerde zu finden. Bereits für die Verwertung von 5 % der gesamthaft pro Jahr anfallenden Klärschlammmenge würde eine Fläche von jährlich mindestens 9 ha benötigt. Angenommen, man würde diese Menge beim Strassenbau verwerten und dabei beidseitig der Strasse je einen Streifen von ca. 5 m ausschliesslich mit künstlicher Kulturerde rekultivieren, müsste jährlich eine Strecke von 9 km Strasse zur Verfügung stehen. Eine Grobschätzung des kantonalen Tiefbauamtes zeigt, dass jährlich im National-, Haupt- und Verbindungsstrassenbau ca. 13 km neu erbaut oder saniert werden. Die maximale Rekultivierungsfläche beträgt ca. 13 ha, wobei mindestens die Hälfte der Fläche mit natürlichem Boden rekultiviert werden kann. Für die übrige Fläche muss bedacht werden, dass an Strassenrändern üblicherweise kein üppiger Pflanzenwuchs erwünscht ist, weil dadurch der zeitliche und materielle Aufwand für die Pflege stark zunimmt. Die Pflege von mageren Strassenrändern ist kostengünstiger, der Dünger- und Pflanzenschutzmittelbedarf meistens hinfällig. Aufgrund dieser Überlegungen können im Strassenbau bestenfalls 1 - 3 % der Klärschlammmenge verwertet werden.

Als weitere Anwendungsflächen kommen noch Deponieabschlüsse in Frage.

Unerwünscht ist der Einsatz von Abfalldüngern und von künstlicher Kulturerde entlang von Gewässern sowie an potentiell trockenen und mageren Standorten sowie im Meliorationswegebau.

In jedem Fall ist der Bedarf auszuweisen. Für landwirtschaftliche Nutzflächen genügt die jeweilige parzellenbezogene Nährstoffbilanz, für Parzellen ausserhalb der Landwirtschaft ist eine Berechnung (gemäss AfU Merkblatt) oder ein Gutachten über die pro ha einsetzbare Menge zu erstellen.

2.4 Zusammenfassung

2.4.1 Klärschlammverwertung als Dünger

- ✦ Klärschlamm darf zum Zweck der Düngung nur in Übereinstimmung mit den geltenden Vorschriften, im besonderen jenen der Stoffverordnung eingesetzt werden (Bestimmungen über Qualität, maximal erlaubte Ausbringungsmenge, Hygienisierungsvorschriften, Lieferschein usw.).
- ✦ Es darf nur dann Klärschlamm als Dünger eingesetzt werden, wenn der Abnehmer den entsprechenden Bedarf mit Hilfe einer betriebs- oder parzellenbezogenen Düngerbilanz nachweist. Düngerbilanzen werden vom zuständigen kantonalen landwirtschaftlichen Beratungsdienst oder von qualifizierten privaten Beratern berechnet.
- ✦ Einschränkungen für die Klärschlammdüngung ergeben sich im Zusammenhang mit der Ausrichtung von Direktzahlungen. Die bisherige Integrierte Produktion (IP) gilt unterdessen als Mindestauflage für den Bezug von Direktzahlungen für alle Landwirtschaftsbetriebe (sog. ökologischer Leistungsnachweis). Nicht intensiv nutzbaren Flächen werden zunehmend als sogenannte "ökologische Ausgleichsflächen" ohne Möglichkeiten für die Klärschlammdüngung ausgeschieden.
- ✦ In weiten Teilen des Kantons Graubünden wird die Bedeutung der Klärschlammdüngung weiter zurückgehen. Davon betroffen sind besonders die höhergelegenen Flächen (Bergzonen), wo der Bedarf an betriebsfremden Düngern gering ist und der biologische Landbau noch ausgedehnt wird.

2.4.2 Klärschlammverwertung bei Rekultivierungen

- ✦ Durch einen Entsorgungsnotstand für Klärschlamm wurden in den letzten Jahren grosse Klärschlammmengen nicht fachgerecht entsorgt.
- ✦ Die Abgabe von Klärschlamm für den Einsatz in Rekultivierungen darf nur gegen einen Bedarfsnachweis erfolgen.
- ✦ Der Bedarfsnachweis muss durch die Abnehmer erbracht werden.
- ✦ In Zukunft müssen die Bedingungen für die Verwertung von Klärschlamm in Rekultivierungen eingehalten werden.
- ✦ Es können zum jetzigen Zeitpunkt keine stichhaltigen Prognosen für die mengenmässige Entwicklung der Klärschlammverwertung in Rekultivierungen gemacht werden.
- ✦ Der Einsatz von Klärschlamm für Rekultivierungen und Herstellung von künstlicher Kulturerde beschränkt sich auf die Rekultivierung von gewissen Strassenrändern und Deponieabschlüssen. Auf den meisten anderen Standorten sind Dünger und damit auch Abfalldünger in künstlicher Kulturerde nicht erwünscht.

3 Entsorgungsweg (B): Trocknung/Verbrennung

3.1 Einsatz von Trockenklärschlamm im Werk der Holderbank Cement und Beton, Untervaz

Eingehende wissenschaftliche Abklärungen haben ergeben, dass der Einsatz von Trockenklärschlamm in der Schweizer Zementindustrie sowohl ökonomisch wie auch ökologisch sinnvoll ist.

Bei der Verbrennung von Klärschlamm in Zementwerken werden konventionelle Brennstoffe wie Kohle oder Schweröl ersetzt und gleichzeitig Rohmaterial substituiert:

- Organischer Anteil des Klärschlammes
- Anorganischer Anteil des Klärschlammes
- Energieträger
- Asche
- Rohmaterialersatz

Die Rückstände der Klärschlammverbrennung im Zementwerk müssen also **nicht** z.B. in einer Inertstoffdeponie endlagert werden, sondern werden in das Produkt Zement eingebunden.

In der umweltrechtlichen Prioritätenfolge geht die Klärschlammverwertung in Zementwerken der Beseitigung in Kehricht- oder Schlammverbrennungsanlagen vor.

Im Falle von Graubünden kommt dazu, dass das Werk Holderbank Cement und Beton, Untervaz, geografisch im Schwerpunkt des Klärschlammmanfalls steht, womit die Transportdistanzen gesamthaft minimiert werden können.

3.2 Verbrennung von Klärschlamm in KVA

Technisch ist eine Verbrennung von entwässertem oder teilgetrocknetem Klärschlamm in einer KVA möglich, sie wird teilweise auch in anderen Kantonen realisiert. In Graubünden wird dieser Entsorgungsweg nicht angewendet weil einerseits die Verbrennungskapazität fehlt und andererseits die Anwendung als Einsatzbrennstoff im Werk der Holderbank Cement und Beton. Untervaz wirtschaftlich ist.

3.3 Klärschlamm-Trocknungsanlage TRAC, Chur

Der Einsatz von Klärschlamm im Werk Holderbank Cement und Beton, Untervaz, bedingt eine Klärschlamm-Trockensubstanz von rund 90 %.

Umfangreiche Machbarkeitsstudien über verschiedene Verfahren und für mehrere Standorte haben für den Kanton Graubünden folgende Lösung ergeben:

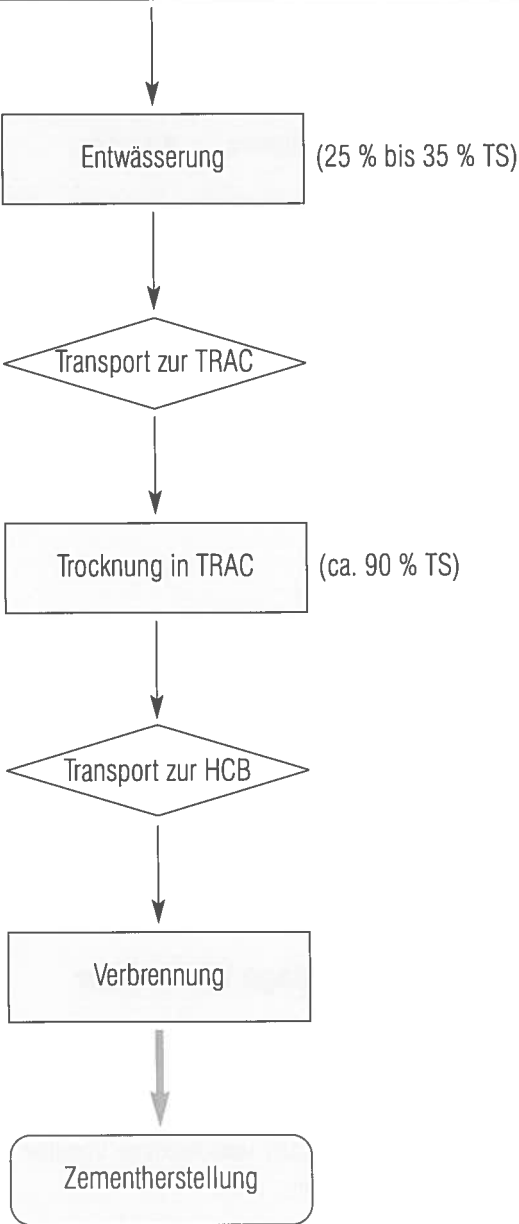
- Anzahl Trocknungsanlagen: 1
- Standort der Anlage: Chur (TRAC)
- Trocknungsverfahren: Wirbelschichtverfahren

Die TRAC ist seit Herbst 1999 auf der ARA Chur in Betrieb. Sie verfügt über eine Trocknungskapazität für den ganzen auf den Kläranlagen des Kantons Graubünden anfallenden Klärschlamm.

ENTSORGUNGSWEG B : TROCKNUNG / VERBRENNUNG

Klärschlamm als Brennstoff

gesiebter, stabilisierter, flüssiger Klärschlamm



Erläuterungen:



Obligatorisches Aufbereitungsverfahren



Transport



Verwertungsart



zu einem Aufbereitungsverfahren



zur Verwendung des Produktes

4 Entsorgungswege für Schlamm aus Kleinkläranlagen

4.1 Allgemeines

Die Entsorgung von Schlamm aus Kleinkläranlagen, insbesondere aus Anlagen in abgelegenen Gebieten (Rand- und Extremanlagen), bietet aufgrund derer geographischen Lage besondere Probleme. Die Anlagen befinden sich oftmals in landwirtschaftlich extensiv genutzten Gebieten ohne zusätzlichen Nährstoffbedarf oder in touristisch erschlossenen Gebirgsgegenden, in denen keine Düngung gefragt ist. Es handelt es sich dabei in der Regel um kleine Schlamm-mengen, für welche eine in jeder Hinsicht vertretbare und der jeweiligen örtlichen Situation angepasste Lösung der Entsorgung gefunden werden muss.

4.2 Definition von Kleinkläranlagen

- ✦ Kleinkläranlagen können aus folgenden Systemen der Abwasserbehandlung bestehen:
 - Klärgruben / Emscherbrunnen
 - Faulgruben / Abwasserfaulräume
 - Tropfkörperanlagen
 - Tauchtropfkörperanlagen
 - Belebtschlammanlagen
 - Natursysteme
 - weitere Systeme
- ✦ Kleinkläranlagen werden vorwiegend bis ausschliesslich zur Behandlung von häuslich belastetem Abwasser aus einzelnen Haushalten und Gastgewerbebetrieben oder deren Gruppen eingesetzt, sofern der Anschluss an eine grössere zentrale Kläranlage nicht zweckmässig oder nicht zumutbar ist.
- ✦ Bei Kleinkläranlagen kann es sich um öffentliche oder private Anlagen handeln.
- ✦ Die Anlagegrösse schwankt zwischen einigen Einwohnerwerten und mehreren hundert (max. tausend) Einwohnerwerten.
- ✦ Die Beschaffenheit und die Qualität des Schlamms aus Kleinkläranlagen ist je nach Behandlungsart (Verfahren/ System) verschieden. Eine Hygienisierung kommt aus Gründen der Verhältnismässigkeit nicht zur Anwendung.

4.3 Schlammengen aus Kleinkläranlagen

Die gesamte Schlammmenge aus den vielen Kleinkläranlagen liegt unter 5 % der gesamten Klärschlammproduktion im Kanton (= 6000 t TS inkl. Industriekläranlagen).

4.4 Entsorgungswege für Schlamm aus Kleinkläranlagen

Schlamm aus Kleinkläranlagen ist nach Möglichkeit einer grösseren zentralen Kläranlage zuzuführen.

In verkehrstechnisch nicht oder schlecht erschlossenen Gebieten kann in Ausnahmefällen für private nicht gewerbliche Anlagen unter bestimmten Voraussetzungen auch eine Schlammentsorgung vor Ort, d.h. in der Landwirtschaft oder in der Landschaft, z. T. auf unproduktivem Land, erwogen werden. Diese Lösung setzt eine bedenkenlose Schlammqualität voraus und kommt nur für wirklich kleine Schlamm-mengen in Frage. Dabei steht nicht die Verwertung der Nährstoffe im Vordergrund, sondern eine schadhlose, wirtschaftliche und vertretbare Entsorgung.

Bei der Wahl des Entsorgungsweges wird für jeden Einzelfall zwischen Schlamm aus gewerblichen Anlagen, d.h. aus Betrieben und aus nicht gewerblichen Anlagen, d.h. aus Haushaltungen unterschieden.

Drängt sich beispielsweise aus Transportgründen eine Entwässerung des Schlammes auf, können entsprechende Einrichtungen wie Trockenbeet, Vererdung oder Sackentwässerung vor Ort erwogen werden (Abschnitt IV). Derart entwässelter bzw. teilgetrockneter Schlamm kann auch zusammen mit dem Siedlungsabfall entsorgt werden.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich die folgenden drei Entsorgungsmöglichkeiten für Schlamm aus Kleinkläranlagen:

➤ **Abfuhr auf grössere aerobe zentrale Kläranlage**

Dabei ist das Personal der annehmenden Kläranlage rechtzeitig zu informieren und die entsprechenden Weisungen sind zu befolgen.

➤ **Austrag in der Landschaft / unproduktives Land**

Dabei ist der Schlamm von Fremdstoffen (Gummi, Textil, Kunststoff, Papier und andere Materialien) zu trennen (Siebanlage oder Fremdstoffsammlung nach dem Austrag). Die abgetrennten Fremdstoffe sind zusammen mit dem Siedlungsabfall zu entsorgen.

Flüssigschlamm darf nicht ausgebracht werden:

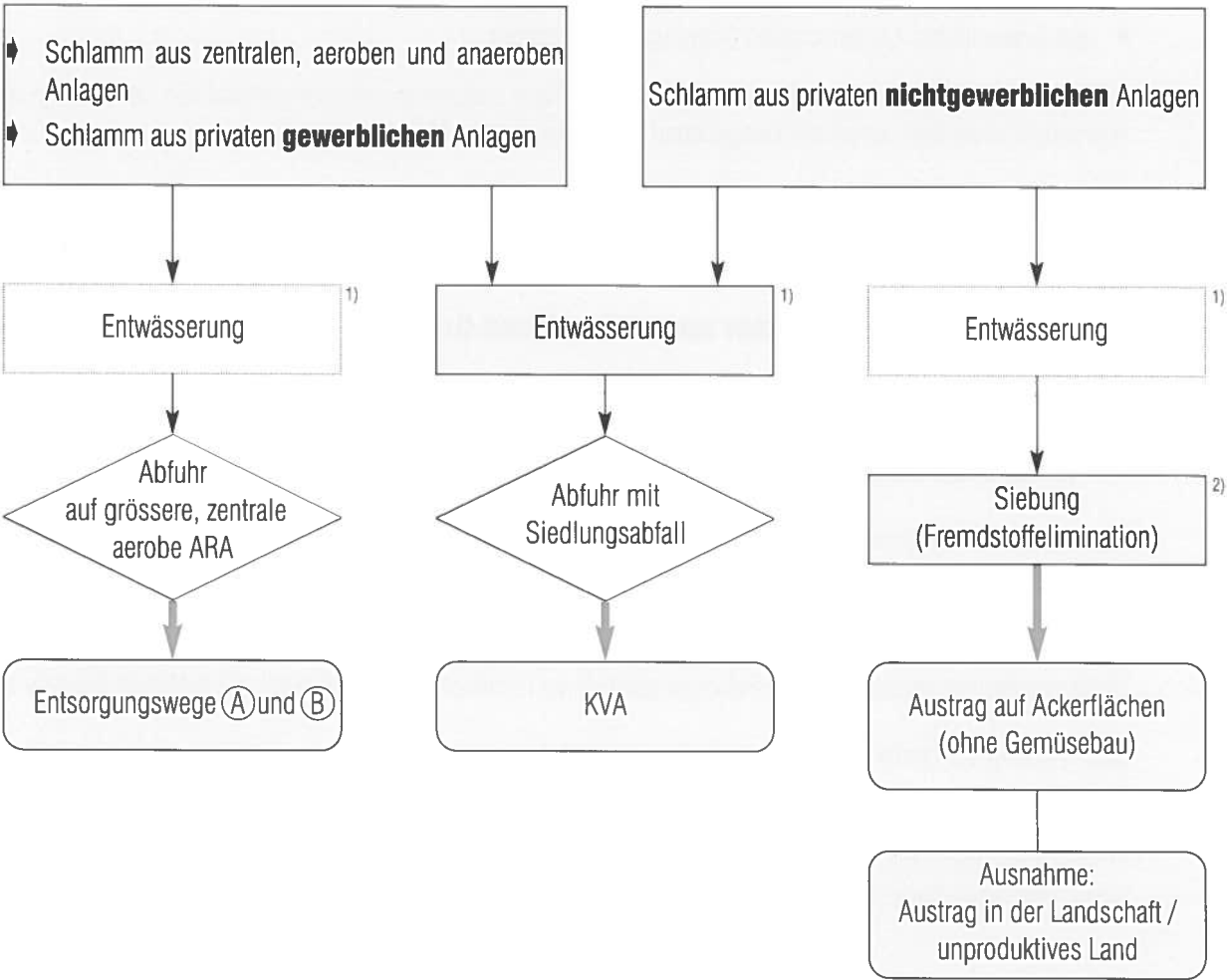
- wenn der Boden wassergesättigt, gefroren, schneebedeckt oder ausgetrocknet ist
- in Ried- und Mooregebieten
- auf Trockenstandorten (Lebensraum seltener Pflanzen- und Tierarten)
- im Bereich oberirdischer Gewässer
- im Bereich von Grund- und Quellschutzzonen (Fassungsbereich)
- in Gebieten, die unter Naturschutz stehen, soweit die geltenden Vorschriften nichts anderes bestimmen
- im Wald

➤ **Abfuhr des entwässerten Schlammes mit dem Siedlungsabfall**

Wird der Schlamm entwässert bzw. teilgetrocknet, bietet sich auch eine Abfuhr mit dem Siedlungsabfall an.

**ENTSORGUNGSWEGE
FÜR SCHLAMM AUS KLEINKLÄRANLAGEN**

Stabilisierter oder teilstabilisierter Schlamm



Erläuterungen:

¹⁾ Entwässerung des Schlammes z.B. mittels Trockenbeet, Vererdung, Sackentwässerung.

²⁾ Siebanlage oder Sammlung nach dem Austrag.

Obligatorisches Aufbereitungsverfahren

Fakultatives Aufbereitungsverfahren

Transport

Mögliche Entsorgung

zu einem Aufbereitungsverfahren

zur Verwendung des Produktes

5 Entsorgungswege für Rohabwasser aus abflusslosen Gruben

5.1 Allgemeines

Beim Rohabwasser aus abflusslosen Gruben handelt es sich nicht um Schlamm, sondern um unbehandeltes Abwasser, das in abflusslosen Gruben gespeichert wird. Dabei wird eine Unterscheidung nach der Herkunft des Abwassers wie folgt vorgenommen:

- ✦ aus landwirtschaftlichen Liegenschaften
- ✦ aus privaten nicht gewerblichen Liegenschaften (die der Landwirtschaft nahe stehen)
- ✦ aus gewerblichen Liegenschaften (vorwiegend Tourismus).

Rohabwasser aus landwirtschaftlichen Liegenschaften kann zusammen mit oder getrennt von der Gülle gespeichert und verwertet werden, sofern der Düngebedarf nachgewiesen werden kann.

Die Entsorgung vom übrigen Rohabwasser wird in Abschnitt 5.2 beschrieben.

5.2 Entsorgung von Rohabwasser aus abflusslosen Gruben

Rohabwasser aus abflusslosen Gruben nichtlandwirtschaftlicher Herkunft ist wenn immer möglich, auf eine zentrale Kläranlage abzuführen. Wie im Fall der Abfuhr von Schlamm auf eine andere Kläranlage ist das Personal der annehmenden Kläranlage vorgängig zu informieren und die entsprechenden Weisungen sind zu befolgen.

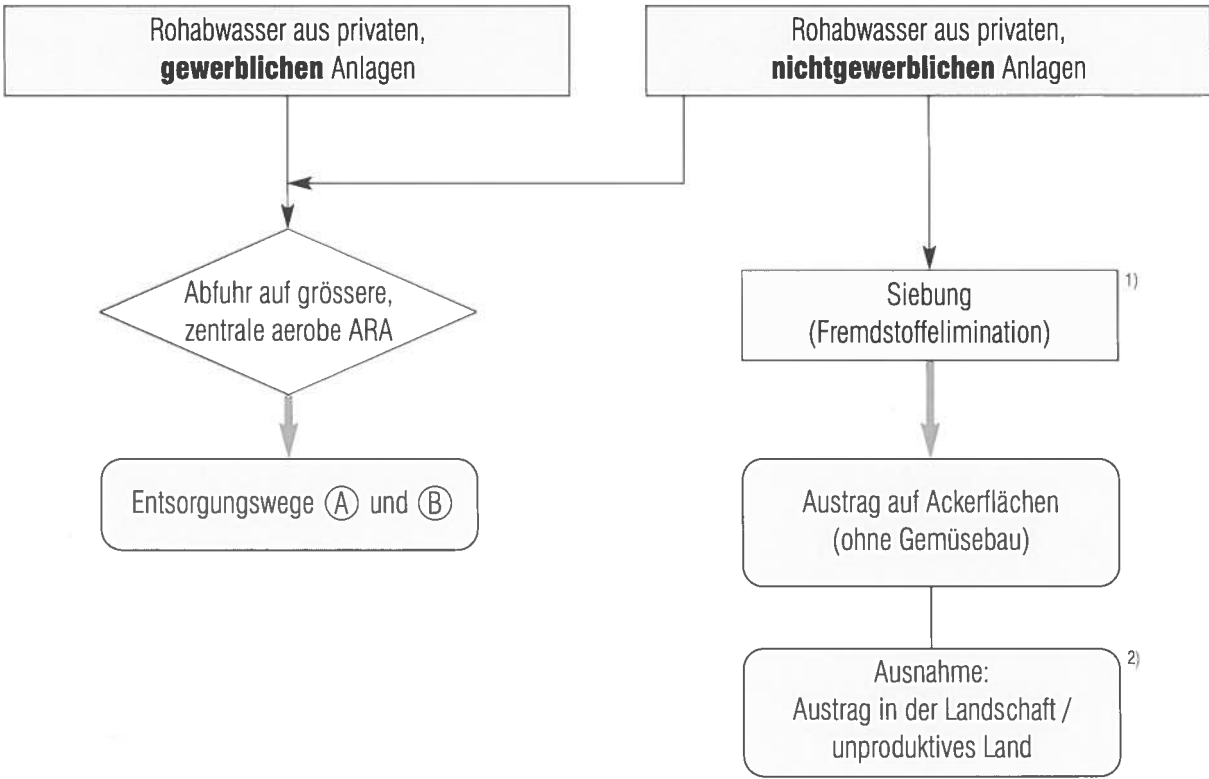
Ist aufgrund fehlender und sehr schlechter verkehrstechnischer Erschliessung die Abfuhr auf eine grössere Kläranlage kaum möglich, kommt im Fall von nichtgewerblichen Anlagen auch ein Austrag auf landwirtschaftlich genutzten Flächen oder auf unproduktivem Land ausnahmsweise in Frage. Das Rohabwasser ist dabei von Fremdstoffen zu trennen (Siebanlage oder Fremdstoffsammlung nach dem Austrag). Die Fremdstoffe sind zusammen mit dem Siedlungsabfall zu entsorgen. Diese Entsorgungsart ist nur mit einer Bewilligung durch die kantonale Behörde zulässig.

Beim Austrag auf landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen ist vor der Saat eine Einarbeitung in den Boden vorzunehmen.

Im weiteren gelten beim Ausbringen auf unproduktivem Land dieselben Auflagen wie bei Schlamm aus Kleinkläranlagen, vergleiche Seite 22.

ENTSORGUNGSWEGE
FÜR ROHABWASSER AUS ABFLUSSLOSEN GRUBEN

Unbehandeltes gespeichertes Rohabwasser



Erläuterungen:

1) Siebanlage oder Sammlung nach dem Austrag

2) Mit Ausnahmegewilligung des AfU

- Obligatorisches Aufbereitungsverfahren
- Mögliche Entsorgung
- Transport
- zu einem Aufbereitungsverfahren
- zur Verwendung des Produktes

IV ENTWÄSSERUNG BZW. TEILTROCKNUNG

1 Allgemeines

Wenn Klärschlamm in flüssiger Form weder landwirtschaftlich als Dünger verwertet noch auf eine andere ARA abgeführt werden kann, muss er für jede andere Entsorgungsart entwässert bzw. teiltrocknet werden. Für die Entwässerung von Klärschlamm gibt es verschiedene Möglichkeiten. Je nach Lage, Grösse und System der ARA, Menge und Entwässerungsgrad des Klärschlammes können folgende Verfahren/Systeme eingesetzt werden:

- ♣ Trockenbeet (ohne Pflanzen)
- ♣ Vererdungsbeet (mit Schilfpflanzen)
- ♣ Sackentwässerungsanlage
- ♣ Solartrocknungsanlage
- ♣ Maschinelle Entwässerungsanlagen

Diese Möglichkeiten werden ab Seite 28 kurz beschrieben.

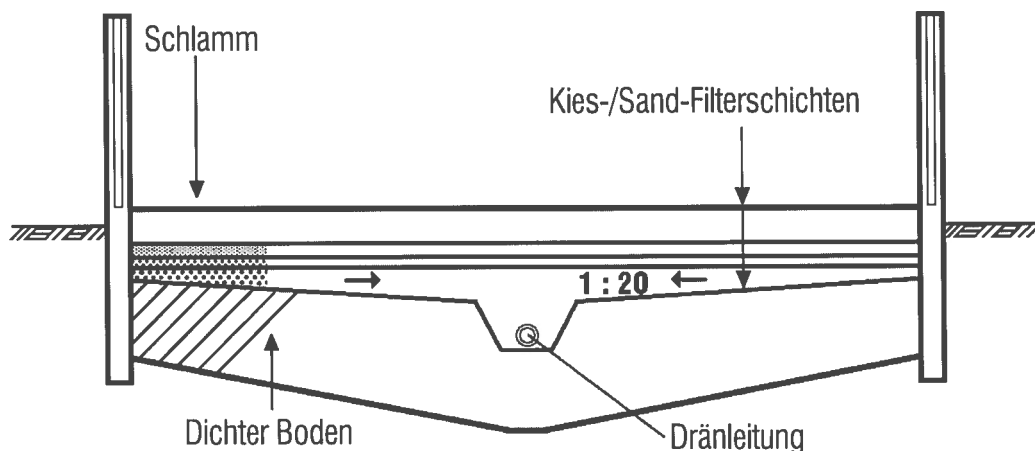
2 Rückläufe

Sowohl aus der Schlammstabilisierung wie aus der Schlammentwässerung bzw. -trocknung fallen stickstoffreiches Schlammwasser, sogenannte Rückläufe an.

Diese Rückläufe gelangen wieder in das Reinigungssystem und verursachen bei stossweiser Zudosierung entsprechend hohe Stickstoff-Konzentrationen in der biologischen Stufe. Dies kann zu einer Überlastung der biologischen Stufe führen. Je kleiner die ARA ist, desto ausgeprägter ist dieses Problem. Dieser Zustand muss unbedingt verhindert werden. Mit folgenden Massnahmen kann dieses Problem entschärft werden:

- ♣ Rückläufe aus der Stabilisierungsanlage möglichst kontinuierlich der biologischen Stufe zudosieren,
- ♣ Entwässerung mit Sack- und maschinellen Anlagen nicht während der Zeit hoher Abwasserbelastung der ARA und niedriger Wasserführung im Vorfluter vornehmen,
- ♣ notwendige Stapelbehälter für die Rückläufe schaffen,
- ♣ Rückläufe im Stapelbehälter zwecks geeigneter Zudosierung in die biologische Stufe zwischenlagern,
- ♣ Vorhandene und verfügbare Becken (nicht Regenbecken) und Behälter für die Zwischenlagerung von Schlammwasser aus der Entwässerung nutzen,
- ♣ Entwässerungsverfahren/Systeme einsetzen, welche für die Grösse, das Reinigungssystem und die Ausrüstung der ARA geeignet sind,
- ♣ Betriebszeiten und Durchsatzleistung von maschinellen Entwässerungsanlagen der Grösse und der Reinigungskapazität der ARA sowie der vorhandenen Stapelkapazität für Rückläufe anpassen.

3 Trockenbeet (ohne Pflanzen)



Funktionsbeschreibung: Der Schlamm gelangt während der Sommermonate in ein Sandbeet, welches mit einem Sickerrohrsystem zwecks Ableitung des Filtrats ausgerüstet ist. Eine weitere Entwässerung erfolgt durch Verdunstung.

Anwendungsbereich: Kleinkläranlagen für einzelne Liegenschaften in abgelegenen und nicht oder schlecht erschlossenen Gebieten.

Eingangsprodukt: Flüssigschlamm vorzugsweise stabilisiert mit wenigen Prozenten TS.

Endprodukt: Je nach Beschaffenheit des Eingangsproduktes zwischen 40 und 60 % TS.

Platzbedarf: Je nach Beschaffenheit des Eingangsproduktes in der Grössenordnung von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4} \text{ m}^2/\text{EW}$ (ohne Erschliessung).

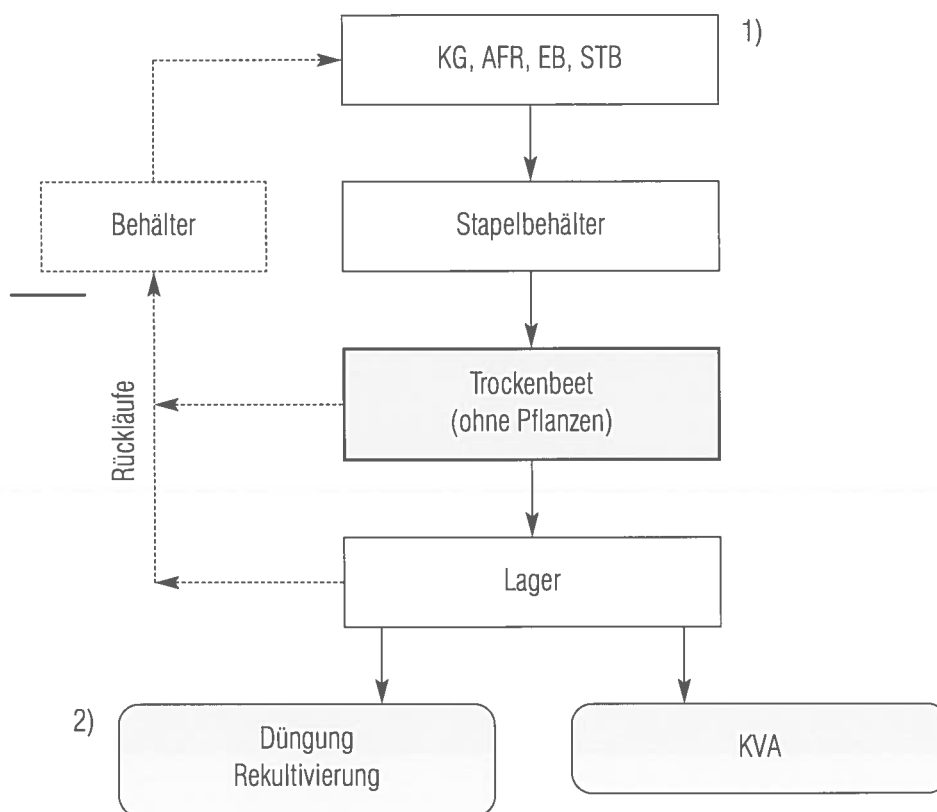
Fremdenergie: Ausser für allfälliges Pumpen des Schlammes und/oder des Rücklaufs: keine.

Betriebsmittel: Keine.

Entsorgung des Endproduktes: Jährliche Räumung des Trockenbeet-Inhalts (ohne Sand) und Verwertung in der Land(wirt)schaft, sofern Randbedingungen erfüllt sind, oder Beseitigung in KVA.

Literatur: Fachliteratur

TROCKENBEET (OHNE PFLANZEN)



Erläuterungen:

1) bei KG (Klärgruben), AFR (Abwasserfaulräumen), EB (Emscherbrunnen) sind Geruchs- und Hygieneprobleme (z.B. Schlammfliegen) nicht ausgeschlossen

STB = Stabilisierungsbecken

2) Nur im Ackerbau und wenn:

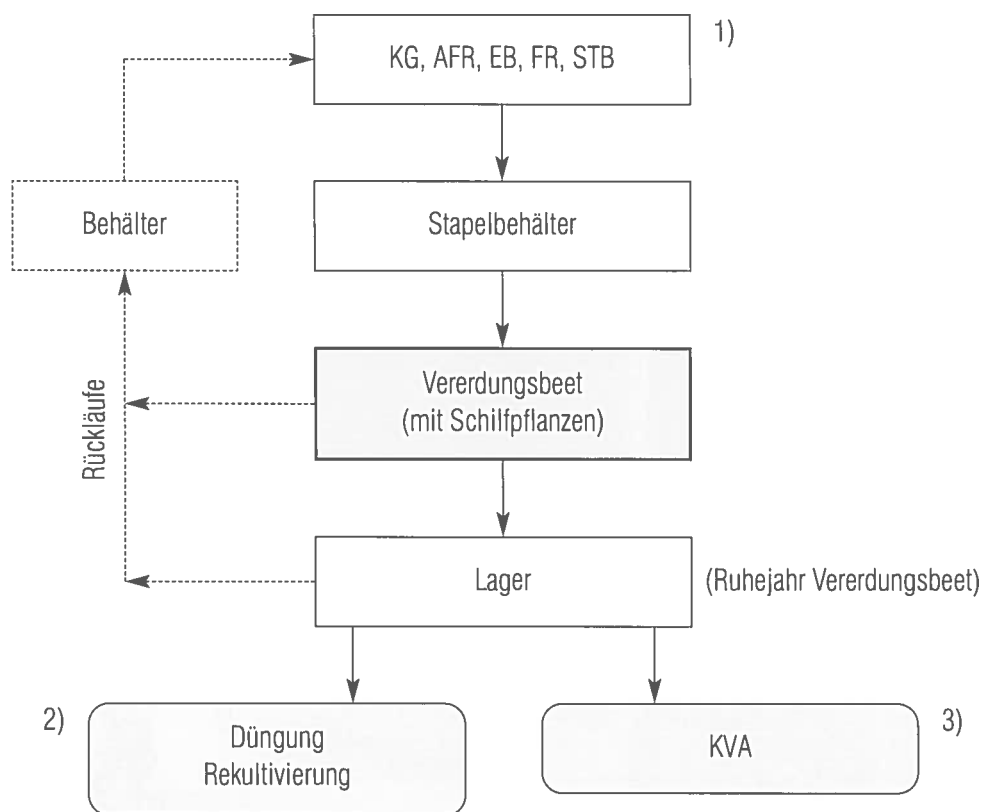
- ✦ Düngerbedarf ausgewiesen ist und
- ✦ Qualitätsanforderungen erfüllt sind

4 Vererdungsbeet (mit Schilfpflanzen)



Funktionsbeschreibung:	Der Schlamm gelangt während der Sommermonate in etwa wöchentlichen Abständen in ein abgedichtetes Beet, welches mit einem Drainagesystem zwecks Ableitung des Filtrats ausgerüstet ist. Der Aufbau des Beetes (Drainagesystem, Filterschicht und Humuschicht [= Wurzelraum des Schilfs und Vererdung]) gewährleistet eine Entwässerung und weitgehende Mineralisation des Schlammes. Eine weitere Entwässerung erfolgt durch Verdunstung.
Anwendungsbereich:	Kleinkläranlagen in abgelegenen Gebieten als Alternative zur Flüssigschlammabfuhr oder Sackentwässerung.
Eingangsprodukt:	Flüssigschlamm, vorzugsweise stabilisiert, mit wenigen Prozenten TS.
Endprodukt:	Je nach Beschaffenheit des Eingangsproduktes zwischen 30 und 50 % TS.
Platzbedarf:	Je nach Beschaffenheit des Eingangsproduktes in der Grössenordnung von $\frac{1}{4}$ m ² /EW (ohne Erschliessung).
Fremdenergie:	Ausser für allfälliges Pumpen des Schlammes und/oder des Rücklaufes: keine.
Betriebsmittel:	keine.
Entsorgung des Endproduktes:	Räumung des vererdeten Schlammes inkl. Humuschicht nach 7-8 Jahren nach der Winterruhe, ev. nach einem Ruhejahr. Entsorgung in Abhängigkeit der angereicherten Schad- und Nährstoffe.
Literatur:	Fachliteratur

VERERDUNGSBEET (MIT SCHILFPFLANZEN)



Erläuterungen:

1) bei KG (Klärgruben), AFR (Abwasserfaulräumen), EB (Emscherbrunnen) sind Geruchs- und Hygieneprobleme (z.B. Schlammfliegen) nicht ausgeschlossen

FR = Faulraum

STB = Stabilisierungsbecken

2) nur im Ackerbau und wenn:

- Düngerbedarf ausgewiesen ist und
- Qualitätsanforderungen erfüllt sind

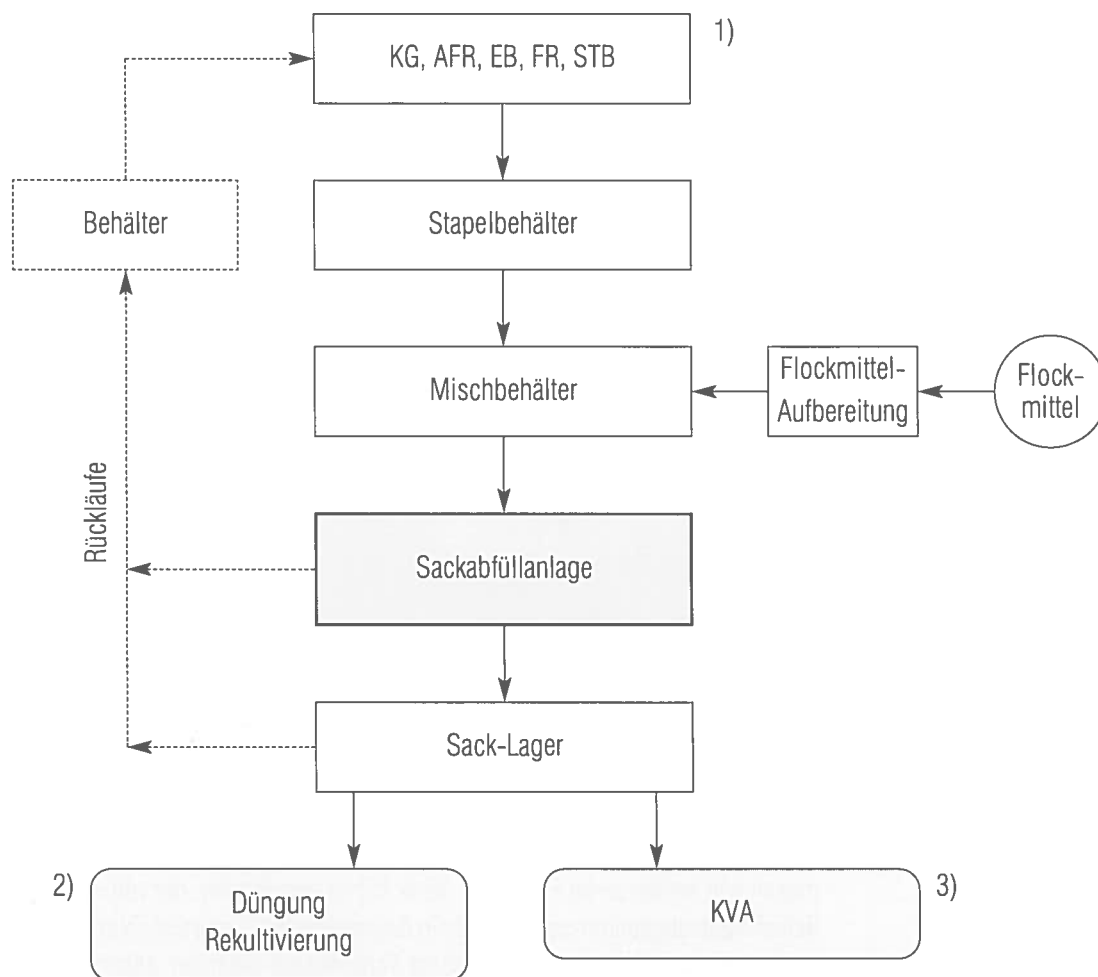
3) Zuteilung erforderlich

5 Sackentwässerungsanlage



- Funktionsbeschreibung:** Der Schlamm gelangt nach Bedarf über ein Verteilungssystem in Einwegfiltersäcke aus wasserabstossendem Gewebe, das kein Regen hineinlässt aber eine natürliche Entwässerung zulässt. Eine weitere Entwässerung erfolgt bei der Lagerung (im Freien) durch Verdunstung.
- Anwendungsbereich:** Kläranlagen bis rund 1'500 EG in abgelegenen Gebieten als Alternative zur Flüssigschlammabfuhr oder zum Schlammvererdungsbeet mit Schilfpflanzen.
- Eingangsprdukt:** Flüssigschlamm mit max. 4 % TS, homogenisiert und vorzugsweise stabilisiert.
- Endprodukt:** Je nach Beschaffenheit des Eingangsproduktes nach dem Abfüllvorgang zwischen 8 und 12 % TS und nach einer mehrmonatigen Sacklagerung bis 50 % TS.
- Platzbedarf:** Z.B. eine 6-Sack-Anlage: ca. 25 m² im Gebäude, exkl. überdachtes Sacklager (im Freien).
- Fremdenergie:** Für Flockungsmittelaufbereitung und Sackabfüllanlage.
- Betriebsmittel:** Flockungsmittel.
- Entsorgung des Endproduktes:** Beseitigung in KVA samt Sack oder Verwertung in der Land(wirt)schaft ohne Sack (Sack in KVA), sofern Randbedingungen erfüllt sind.
- Literatur:** Unterlagen der Produkthanbieter.

SACKENTWÄSSERUNGSANLAGE



Erläuterungen:

1) bei KG (Klärgruben), AFR (Abwasserfaulräumen), EB (Emscherbrunnen) sind Geruchs- und Hygieneprobleme (z.B. Schlammfliegen) nicht ausgeschlossen

FR = Faulraum

STB = Stabilisierungsbecken

2) Nur im Ackerbau und wenn:

- ◆ Düngerbedarf ausgewiesen ist und
- ◆ Qualitätsanforderungen erfüllt sind

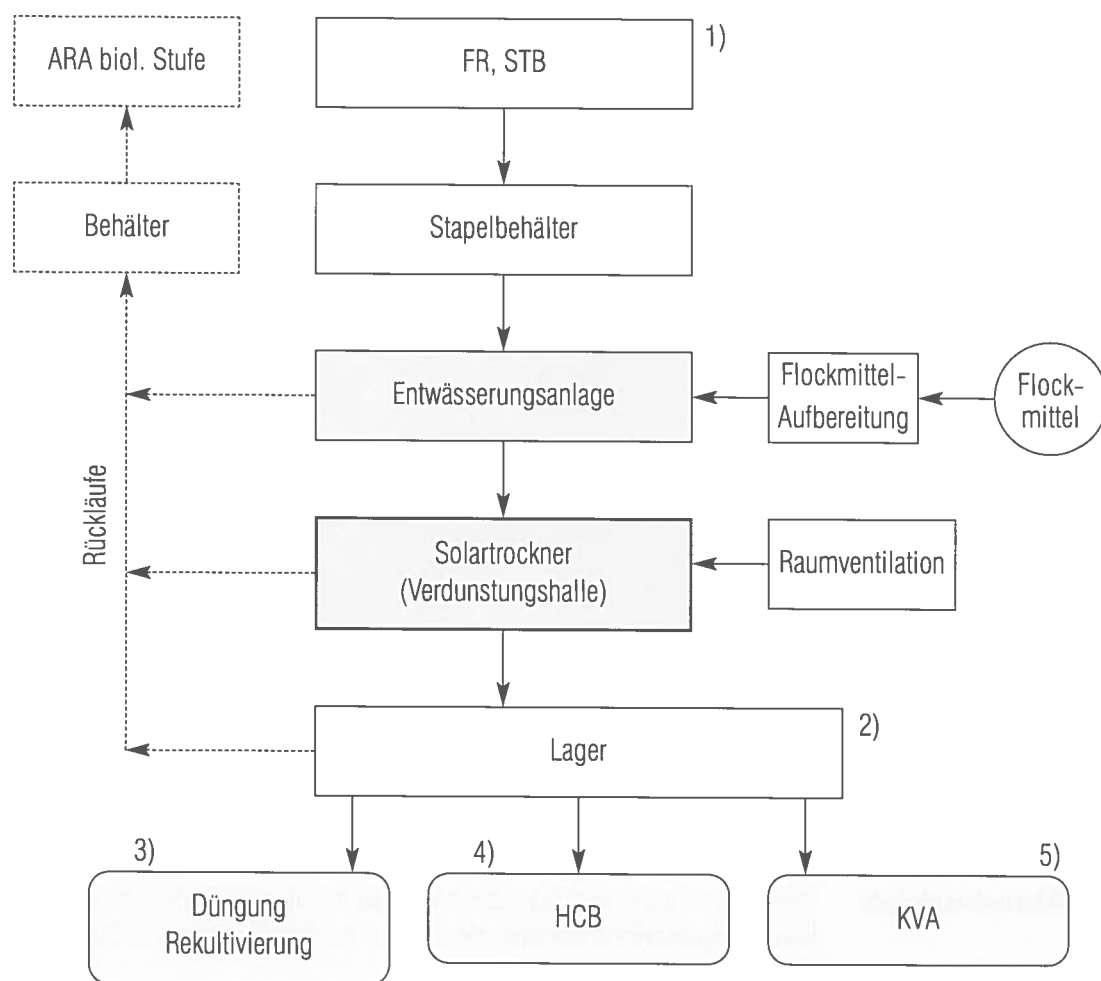
3) Zuteilung erforderlich

6 Solartrocknungsanlage



- Funktionsbeschreibung:** Der Schlamm gelangt in eingedickter oder vorentwässerter Form (ca. 10 % TS) oder in maschinell entwässerter Form (ca. 30 % TS) in eine Wanne, die von einer treibhausähnlichen Halle abgeschlossen ist und ein Drainagesystem aufweist. Durch eine Raumventilation und die solare Strahlung wird die Verdunstung optimiert. Durch das mechanische Wenden des Schlammes wird er belüftet und gelockert.
- Anwendungsbereich:** Mittलगrosse ARA (Grössenordnung 2'000 bis 30'000 EW) zwecks Erreichung einer höheren TS als mit einer Entwässerung allein (Angaben einer Lieferfirma).
- Eingangsprodukt:** Stabilisierter, gut eingedickter/vorentwässerter, besser: entwässerter Schlamm mit 10 bis 30 % TS.
- Endprodukt:** Je nach meteorologischen Bedingungen bis zu 70 % TS. Höhere TS nur im Sommer bei grösseren Aufenthaltszeiten und günstigen Randbedingungen.
- Platzbedarf:** Abhängig vom Eingangs- und Endprodukt.
- Fremdenergie:** Für Raumventilation sowie Wende- und Fördermaschine.
- Betriebsmittel:** Flockungsmittel für Schlammmentwässerung.
- Entsorgung des Endproduktes:** Verwertung in der Landwirtschaft sofern Randbedingungen erfüllt sind. Einsatz als Brennstoff in HCB, sofern TS von 90 % erreicht ist. Verbrennung in KVA, sofern Zuteilung vorliegt.
- Literatur:** Unterlagen der Produkthanbieter.

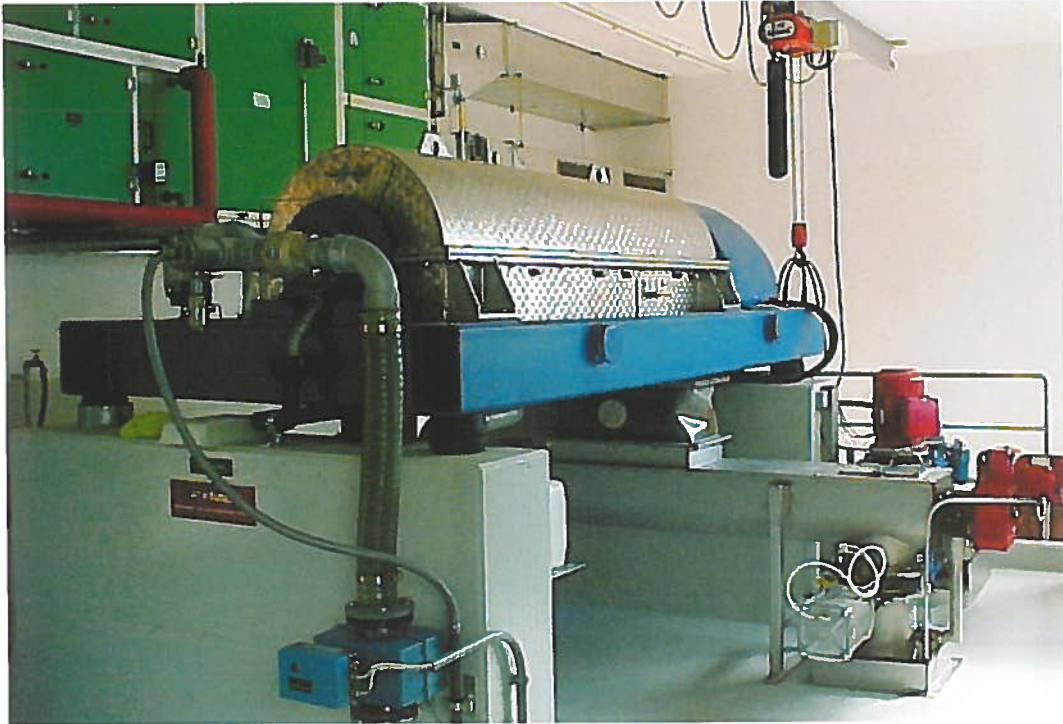
SOLARTROCKNUNGSANLAGE



Erläuterungen:

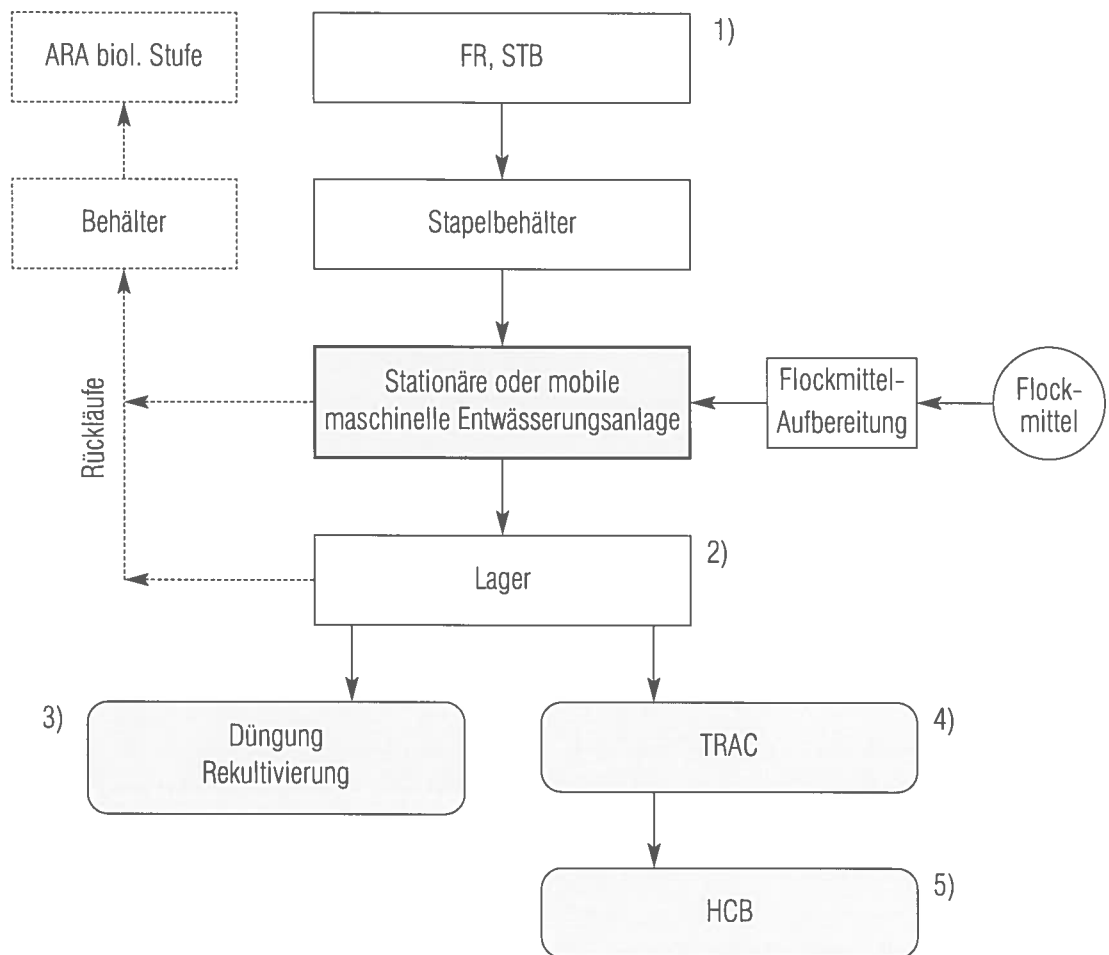
- 1) FR = Faulraum
STB = Stabilisierungsbecken
- 2) Notwendigkeit je nach Art der Entsorgung
- 3) Nur wenn:
 - ✦ Düngerbedarf ausgewiesen ist und
 - ✦ Qualitätsanforderungen erfüllt sind
- 4) TS von 90 % erforderlich
- 5) Zuteilung erforderlich

7 Maschinelle Entwässerungsanlagen



Funktionsbeschreibung:	Man unterscheidet zwischen stationären und mobilen Entwässerungsanlagen. Eingesetzt werden insbesondere Dekantierzentrifugen und Siebbandpressen. Die Rückläufe gelangen über einen Behälter in die ARA.
Anwendungsbereich:	Mobile Anlagen sind i.d.R. für kleine ARA (ca. 1'000 EW bis ca. 6'000 EW) und stationäre für grössere ARA geeignet und wirtschaftlich, wobei die örtlichen Verhältnisse von Fall zu Fall abzuklären sind.
Eingangsprодукt:	Gesiebter, stabilisierter Klärschlamm.
Endprodukt:	Zwischen 25 und 35 % TS.
Platzbedarf:	Mobile Anlage (Container oder Blachenabdeckung) wird normalerweise im Freien aufgestellt, die stationäre Anlage im Gebäude.
Fremdenergie:	Für Flockungsmittelaufbereitung und Entwässerungsvorgang.
Betriebsmittel:	Flockungsmittel.
Entsorgung des Endproduktes:	Verwertung in der Landwirtschaft, sofern Randbedingungen erfüllt sind oder Einsatz als Brennstoff in HCB nach der Trocknung in der TRAC (90 % TS).
Literatur:	Unterlagen der Produkthanbieter.

MASCHINELLE ENTWÄSSERUNGSANLAGEN



Erläuterungen:

- 1) FR = Faulraum
STB = Stabilisierungsbecken
- 2) Notwendigkeit je nach Art der Entsorgung
- 3) Nur wenn:
 - ◆ Düngerbedarf ausgewiesen ist und
 - ◆ Qualitätsanforderungen erfüllt sind
- 4) TS von 25 % bis 35 % erforderlich
- 5) TS von 90 % erforderlich

V WEITERE MASSNAHMEN

1 Siebung

Im Klärschlamm sind unvermeidlich Fremdstoffe vorhanden. Diese Stoffe wie Ohrenstäbchen, Textil, Fäden, Haare usw. sind bei allen Entsorgungsarten vom Klärschlamm zu trennen und mit dem Rechengut als Siedlungsabfall zu entsorgen.

Dies kann mit folgenden Massnahmen erfolgen:

- ✦ Feinrechen im Zulauf zu ARA für das Rohwasser
- ✦ Siebanlagen, z.B. Strainpresse im Strom des Frischschlammes vor der Schlammstabilisierung (aerobe Stabilisierung oder Faulung)

2 Stabilisierung

Aus Gründen der Hygiene und wegen Geruchsemissionen muss Frischschlamm unabhängig von der Entsorgungsart stabilisiert werden.

Dies kann mit folgenden Verfahren geschehen:

- ✦ kalte (unbeheizte) Schlammfaulung
- ✦ mesophile (beheizte) Schlammfaulung
- ✦ aerobe Schlammstabilisierung (zusammen mit Biologie oder separat)

3 Hygienisierung

Kann Klärschlamm in der Landwirtschaft als Dünger auf Wiesland verwertet werden, muss er vorher hygienisiert werden. Der Einsatz im Ackerbau (mit Ausnahme von Gemüsebau) bedarf hingegen keiner Hygienisierung. Klärschlamm gilt als hygienisiert, wenn er bei der Abgabe nicht mehr als 100 Enterobakteriaceen pro Gramm und keine ansteckungsfähigen Wurmeier enthält.

In der Regel ist Klärschlamm hygienisiert, wenn er in einer

- ✦ Hygienisierungsanlage behandelt wird
- ✦ Trocknungsanlage behandelt wird
- ✦ Kompostierungsanlage behandelt wird

4 Transport

Der Transport von entwässertem Klärschlamm soll aus umweltschutztechnischen Gründen mit der Bahn erfolgen, sofern dies organisatorisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.

VI KONTROLLE UND AUSBLICK

- ◆ Die im vorliegenden Klärschlamm-Entsorgungsplan beschriebenen ENTSORGUNGSWEGE (III), ENTWÄSSERUNG bzw. TEILTROCKNUNG (IV) und WEITERE MASSNAHMEN (V) stellen aktuelle Lösungen unter Berücksichtigung der Gegebenheiten und gesetzlichen Rahmenbedingungen dar. Die Wahl der Lösung wird dem Anlageinhaber überlassen, die Ausführung hat in diesem Bericht dargestellten, resp. im gesetzlichen Rahmen zu erfolgen.
- ◆ Die Klärschlamm-Qualitätskontrolle wird weiter geführt! Die Grundlage dafür bilden die entsprechenden Anforderungen der Stoffverordnung. Auch wenn der Klärschlamm schlussendlich verbrannt wird, wird er einer angemessenen Schadstoff-Kontrolle unterstellt. Dies weil Klärschlamm ein Indikator für die Qualität des der Kläranlage zugeleiteten Abwassers darstellt. Damit können Stoffe, die nicht ins Abwasser gehören, festgestellt werden und deren Entfernung vom Kanalisationsnetz bzw. deren Vorbehandlung angeordnet werden.
- ◆ Die Klärschlamm-Entsorgungskontrolle wird weiter geführt! Das Amt für Umwelt wird auch in Zukunft jährlich Erhebungen über die Klärschlamm Entsorgung durchführen. Das Ziel dabei ist, nicht zulässige Entsorgungsarten festzustellen und Alternativen anzubieten.
- ◆ Das Amt für Umwelt wird die Entwicklung in der Landwirtschaft, der Abfallentsorgung, der Klärschlamm-Behandlungstechnik und der Klärschlamm Entsorgung kritisch weiter verfolgen und allfällig sich daraus ergebende Kurskorrekturen vornehmen.
- ◆ Sollte sich beispielsweise zeigen, dass die Entsorgung des Klärschlamm wirtschaftlicher in einer Kehrichtverbrennungsanlage oder anderswo als im Werk Holderbank Cement und Beton, Untervaz, erfolgen kann und eine solche Lösung ökologisch in Ordnung ist, wird diese Lösung in Betracht gezogen.
- ◆ Projekte für Rekultivierungen mit Kompost bzw. künstlicher Kulturerde werden vom Amt für Umwelt geprüft und begleitet.
- ◆ Der vorliegende Klärschlamm-Entsorgungsplan stellt die dritte Klärschlammplan für den Kanton Graubünden innerhalb der letzten 2 Jahrzehnte dar. Diese Tatsache zeigt auf, dass dieser Entsorgungsplan kein abgeschlossenes Kapitel ist, sondern vielmehr einer rollenden Planung entspricht.

ANHANG

1 Gesetzliche Grundlagen

1.1 Entsorgungsweg **A**: Düngung

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG)

- Art. 27: Wer Stoffe in Verkehr bringt, ist verpflichtet, die Abnehmer über die umweltbezogenen Eigenschaften der Stoffe sowie über den sachgerechten Umgang mit ihnen zu informieren (für Klärschlamm in der Stoffverordnung [StoV] konkretisiert).
- Art. 28: Vorschrift zum umweltgerechten Umgang mit Stoffen (für Klärschlamm in der Stoffverordnung [StoV] konkretisiert).

Gewässerschutzgesetz (GSchG):

- Art. 14: Fordert eine ausgeglichene Düngerbilanz auf jedem Landwirtschaftsbetrieb.
- Art. 27: Verpflichtet zu einer Bodenbewirtschaftung ohne Beeinträchtigung der Gewässer, insbesondere durch Auswaschung und Abschwemmung von Düngern.

Landwirtschaftsgesetz (LwG):

- Art. 70: Die Ausrichtung von Direktzahlungen an Landwirtschaftsbetriebe ist an die Einhaltung der Umwelt- und Gewässerschutzgesetzgebung gebunden. Zudem muss ein ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN) erbracht werden, der u.a. die Einhaltung einer ausgeglichenen Düngerbilanz beinhaltet.

Gewässerschutzverordnung (GSchV):

- Art. 17: Inhaber von Abwasserreinigungsanlagen müssen im Falle von Ereignissen, welche die Verwertung des Schlammes verunmöglichen könnten, unverzüglich die Behörde informieren. Sind Auswirkungen auf die Klärschlammqualität zu erwarten, ist zudem das BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) zu informieren.
- Art. 18: Die Kantone erstellen einen Klärschlamm-Entsorgungsplan.
- Art. 19: Minimale Lagerkapazität: Bei der Verwertung von Klärschlamm als Dünger wird auf der ARA eine Lagerkapazität für mindestens 4 Monate vorgeschrieben.
- Art. 20: Klärschlammqualität: Inhaber von zentralen ARA sind verpflichtet, den Klärschlamm in den vorgeschriebenen zeitlichen Abständen untersuchen zu lassen.
- Art. 21: Inhaber von Kläranlagen sind zur Buchführung über die Abgabe (Abnehmer, Mengen etc.) verpflichtet. Ein Weg der Schlamm Entsorgung, der von der im kantonalen Klärschlamm-Entsorgungsplan vorgesehenen Entsorgungsart abweicht, bedarf vorgängig der Zustimmung durch die Behörde.

Verordnung über umweltgefährdende Stoffe, Stoffverordnung (StoV):

- Art. 21: Pflicht zur Anmeldung von Klärschlamm und Kompost beim BLW.
- Art. 35/37: Verpflichtung zur Abgabe einer Gebrauchsanweisung als Information für die fachgerechte Verwendung zu Händen der Abnehmer.
- Art. 60/61: Die Kantone bieten eine fachliche Beratung u.a. zur Verwendung von Düngern an und überwachen die Einhaltung der Bestimmungen der Stoffverordnung.

Anhang 4.5 der Stoffverordnung:

- Ziff. 1: Definition des Begriffes Abfalldünger.
- Ziff. 221: Qualitätsanforderungen für Klärschlamm und Kompost zur Verwendung als Dünger (Grenz- und Richtwerte für Schwermetalle und organische Schadstoffe). Abgrenzung der Produkte Kompost und Klärschlamm. Hygienisierungsvorschriften für Klärschlamm.
- Ziff. 23: Weitere Ausführungen zur Gebrauchsanweisung zu Händen der Abnehmer.
- Ziff. 241: Pflicht zur Ausstellung eines Lieferscheines bei der Abgabe von Klärschlamm und Kompost. Liste der obligatorischen Angaben auf dem Lieferschein.
- Ziff. 242: Pflicht zur Führung eines Abnehmerverzeichnisses auf Klär- und Kompostierungsanlagen. Liste der obligatorischen Angaben im Abnehmerverzeichnis.
- Ziff. 243: Bedarfsnachweis: Klärschlamm (und Kompost) darf grundsätzlich nur gegen Nachweis des entsprechenden Bedarfes durch den Abnehmer abgegeben werden (z.B. Düngerbilanz).
- Ziff. 244: Untersuchung des Klärschlammes und Kompostes zur Sicherstellung der Qualitätsanforderungen gemäss Ziff. 221. Weiterleiten der Ergebnisse an die kantonale Behörde und das BLW.
- Ziff. 31: Grundsätze zur Verwendung von Düngern (inkl. Klärschlamm und Kompost): Berücksichtigung der Nährstoffvorräte im Boden, Standortverhältnisse, Witterung, gesetzlichen Vorschriften und Vereinbarungen. Einbezug der vorhandenen Hofdünger in die Düngungsplanung im Falle der Verwendung von Abfalldüngern.
- Ziff. 321: Einschränkungen für den Austrag von stickstoffhaltigen und flüssigen Düngern aufgrund des Bodenzustandes (Wassersättigung, Schneedecke etc.) und Berücksichtigung des Aufnahmevermögens für Stickstoff durch die Pflanzen.
- Ziff. 322: Flächenbezogene Höchstmengen für den Klärschlamm- und Kompostaustrag. Hygienisierungsvorschriften für die Verwendung von Klärschlamm auf Futter- und Gemüseflächen sowie beim Einfüllen in Güllegruben.
- Ziff. 323: Regelung für das Ausbringen von Rückständen aus nichtlandwirtschaftlichen Abwassergruben ohne Abfluss auf Futter- und Ackerflächen.
- Ziff. 33: Verbote für das Ausbringen von Düngern:
- ♣ in Naturschutzgebieten, Rieden und Mooren
 - ♣ in Hecken, Feldgehölzen und in oberirdischen Gewässern sowie in einem Streifen von 3 m entlang von Hecken und Feldgehölzen und oberirdischen Gewässern.
 - ♣ in der Zone S1 von Grundwasserschutzzonen.
 - ♣ in der Zone S2 von Grundwasserschutzzonen (Ausnahmebewilligungen durch den Kanton möglich).

Verordnung des EVD über die biologische Landwirtschaft:

Anhang 2: Auf der Liste der im Biolandbau zugelassenen Dünger ist Klärschlamm nicht erwähnt, was einem Klärschlammverbot auf biologischen wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben gleichzusetzen ist.

Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (DZV):

Art. 6: Mit einer einzelbetrieblichen Nährstoffbilanz ist zu zeigen, dass keine überschüssige Dünger zugeführt werden.

Art. 45-52: Generelles Düngeverbot auf beitragsberechtigten ökologischen Ausgleichsflächen wie extensiv genutzte Wiesen, Streueflächen, Hecken, Feld- und Ufergehölze inklusive Krautsaum, Buntbrachen, Rotationsbrachen und Ackerschonstreifen. Verbot der Zufuhr von Klärschlamm auf wenig intensiv genutzten Wiesen.

Verordnung über Sömmerungsbeiträge in der Landwirtschaft (SöBV):

Art. 6: Verbot des Austrages von flüssigem Klärschlamm auf Sömmerungsflächen.

Waldgesetz (WaG)

Art. 18: Verbot der Verwendung von umweltgefährdenden Stoffen im Wald.

Waldverordnung (WaV):

Art. 27: Verbot der Verwendung von Klärschlamm im Wald. Bewilligung für die Verwendung von Kompost auf bestimmten Flächen.

Technische Verordnung über Abfälle (TVA):

Art. 43-45: Vorschriften bezüglich Standort, Einrichtung, Betrieb und Überwachung von Kompostierungsanlagen.

Weitere Grundlagen, die beim Entsorgungsweg Düngung zu berücksichtigen sind und die praktische Umsetzung dieses Verwertungsweges konkretisieren:

Kompost und Klärschlamm, Weisungen und Empfehlungen der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC, heute IUL) im Bereich der Abfalldünger vom Juni 1995: Enthält als wichtigstes Anliegen die Beschreibung der erforderlichen Qualität, ein Prüfverfahren zur Sicherstellung der Qualität und die wichtigsten Verwendungsgrundsätze.

Merkblatt, Herstellung von künstlicher Kulturerde aus den Abfalldüngern Klärschlamm und Kompost, AfU Graubünden, 16. Juli 1997: Verbindliche Rahmenbedingungen für die Herstellung und die Qualitätsanforderungen von künstlicher Kulturerde aus Abfalldüngern.

Praktischer Bodenschutz, Anleitung für tiefbauliche Eingriffe in den Boden, AfU Graubünden, Dezember 1997: U.a. mit einer Anleitung und einer Checkliste für die Verwendung von künstlicher Kulturerde, die aus Abfalldüngern hergestellt wird.

1.2 Entsorgungsweg **B**: Trocknung/Verbrennung

Technische Verordnung über Abfälle (TVA)

Art. 11: Verbrennungspflicht für Klärschlamm, der nicht verwertet werden kann.

Gewässerschutzverordnung (GSchV)

Art. 19: Minimale Lagerkapazität von mindestens einem Monat, wenn der Klärschlamm nicht jederzeit umweltverträglich entsorgt werden kann.

Art. 20: Pflicht zur regelmässigen Untersuchung des Klärschlammes und Weiterleiten der Ergebnisse an die Behörde.

Art. 21: Buchführung über die Klärschlammabgabe (Menge, Zeitpunkt, Art der Entsorgung). Ein Weg der Schlamm Entsorgung, der von der im kantonalen Klärschlamm-Entsorgungsplan vorgesehenen Entsorgungsart abweicht, bedarf vorgängig der Zustimmung durch die Behörde.

Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Anhang 1 u. 2: Emissionsgrenzwerte für das Verbrennen von Klärschlamm in Verbrennungsanlagen, inkl. Zement-öfen.

2 Mitglieder der Kantonalen Klärschlammkommission (1996-2000)¹⁾

Präsident:

- ✦ Dr. Baumgartner Peter
Vorsteher AfU Gewässer- und Umweltschutz

Mitglieder:

- ✦ Baumgärtner Engelbert
Landwirt Landwirtschaft
- ✦ Deplazes Gieri
Abteilungsleiter AfU Gewässer- und Umweltschutz
- ✦ Dürst Peter
Stadtingenieur Chur Gemeinden/ARA
- ✦ Foppa Curdin
Leiter Landwirtschaftlicher Beratungsdienst Plantahof Landwirtschaftlicher Beratungsdienst
- ✦ Gurzeler Erwin
Betriebsleiter ABVO Abfallentsorgung
- ✦ Dr. Koller Albert
Kantonschemiker Lebensmittelkontrolle/Umweltschutzzlaboratorium
- ✦ Nold Hanspeter
Adjunkt Forstinspektorat Forstwirtschaft
- ✦ Dr. von Salis Gaudenz
Leiter Fachstelle Pflanzenbau Plantahof Pflanzen
- ✦ Dr. Zindel Fortunat
Kantonstierarzt (gestorben am 29.05.1999) Veterinärmedizin

AfU = Amt für Umwelt Graubünden

ABVO = Abfallbewirtschaftungsverband Oberengadin

¹⁾ von der Regierung am 4. April 2000 aufgehoben

3 Tabelle: Kläranlagen in Betrieb

ARA-Name	Gemeinden im Einzugsgebiet	kg P ₂ O ₅ im KS pro Jahr	Manko in kg P ₂ O ₅	verwertbarer KS-Anteil in %	Potential unhygienisierter KS (kg P ₂ O ₅)	Bioanteil in % der LN	Kategorie ¹⁾ hinsichtlich KS-Verwertung
Alvaneu (inkl. ARA Surava, ARA Bergün)	Alvaneu, Filisur, Schmitten, Bergün, Surava, Brienz	2087	1707 - 3205	82 - 100	-	51	2
Alvaschein (Spulagn)	Alvaschein	51	0 - 114	0 - 100	4 - 23	29	3
Ardez	Ardez	272	0	0	0	49	4
Arosa	Arosa	13515	0	0	0	34	4
Ausserferrera	Ausserferrera	35	0	0	0	0	4
Avers (Campsut, Cresta, Juf)	Avers	93	0	0	0	80	4
Bivio	Bivio	394	0 - 88	0 - 22	0	27	4
Breil/Brigels (Sorts)	Breil/Brigels	2468	0 - 355	0 - 14	-	7	3
Brusio (LI Geri, Miralago)	Brusio	693	1153 - 1811	100	1153 - 1811	30	2
Buseno (Aurel)	Buseno	13	0	0	0	0	4
Buseno (Paese)	Buseno	31	0	0	0	0	4
Calfreisen	Calfreisen	74	0 - 69	0 - 93	0	0	4
Castaneda	Castaneda, Sta. Maria i. C.	124	0 - 8	0 - 7	0	0	4
Cazis (Waldau)	Cazis, Thusis, Almens, Fürstenau, Paspels, Pratval, Rodels, Scharans, Sils i.D., Trans, Flerden, Masein, Portein, Prätz, Sarn, Tartar, Tschappina, Urmein, Scheid, Rothenbrunnen	15157	11773 - 17614	78 - 100	11773 - 17138	20	1
Celerina/Schlarigna (Staz)	Celerina, Pontresina, St. Moritz, Samedan, Silvaplana	30099	0	0	0	70	4
Chur	Chur, Domat-Ems, Felsberg, Maladers, Malix, Haldenstein, Praden, Tschierschen	93652	15412 - 18997	16 - 20	-	10	1
Churwalden (Parzutt)	Churwalden, Parpan	8450	0 - 326	0 - 4	0	17	4
Cumbel	Cumbel, Morissen	422	127 - 949	30 - 100	32	5	2
Cunter (Sot Göt)	Cunter, Savognin, Tinizong, Riom-Parsonz, Salouf	7680	1897 - 3872	25 - 50	-	39	2
Davos (Gadenstatt, Laret, Glaris, Monstein), inkl. ARA Wiesen	Davos, Wiesen	29679	0 - 116	0 - 0,4	0 - 42	39	3

¹⁾ Definition der Kategorien siehe Seite 13

Legende siehe Seite 49

ARA-Name	Gemeinden im Einzugsgebiet	kg P ₂ O ₅ im KS pro Jahr	Manko in kg P ₂ O ₅	verwertbarer KS-Anteil in %	Potential unhygienisierter KS (kg P ₂ O ₅)	Bioanteil in % der LN	Kategorie ¹⁾ hinsichtlich KS-Verwertung
Disentis/Muster (Raveras, Disla)	Disentis	1839	0 - 15	0 - 0,8	-	2	3
Domat/Ems (Tuma Lunga)	Bondaduz, Rhäzüns, Tamins	(ARA Chur)	6686 - 7931	7 - 9	6686 - 7931	16	1
Feldis/Veuiden (Fontanuglia)	Feldis	88	0 - 206	0 - 100	0	6	4
Films	Films	8841	0 - 254	0 - 3	0 - 141	3	3
Fland	Fland	125	79 - 369	63 - 100	79 - 364	0	1
Ftan	Ftan	525	0	0	0	89	4
Guarda	Guarda	240	0 - 18	0 - 8	0 - 12	97	3
Hinterrhein	Hinterrhein	41	0 - 55	0 - 100	0	100	4
Igis (Landquart)	Igis, Mastrils, Malans, Untervaz, Zizers	24227	24196 - 28634	100	24196 - 28052	2	1
Innerferrera (Nord und Süd)	Innerferrera	16	0	0	0	0	4
Klosters (Serneus und Gulfia)	Klosters	7614	0 - 573	0 - 8	0 - 18	26	3
Lavin	Lavin	147	0 - 135	0 - 92	0 - 132	75	3
Lostallo	Lostallo, Mesocco, Soazzo	1205	204 - 478	17 - 40	204 - 478	6	1
Lüen	Lüen, Castiel	120	0 - 31	0 - 26	0	32	4
Lumbrein (inkl. Nussaus, Surin)	Lumbrein	216	0	0	0	72	4
Luzein (Dalvazza)	Luzein, Conters i. P., Fideris, Küblis, Saas	880	0 - 440	0 - 50	0 - 178	13	3
Medel Lucmagn Curaglia und Fuorns	Medel Lucmagn	463	0	0	0	15	4
Medels i.Rh.	Medels i. Rh.	179	0 - 20	0 - 11	0	93	3
Mesocco (S. Bernardino)	Mesocco	623	0	0	0	13	4
Molinis	Molinis, Pagig, Peist, St. Peter	1039	0 - 351	0 - 34	0	35	4
Müstair (Sot Rivas)	Müstair, Sta. Maria i.M., Valchava, Lü, Fuldera, Tschiers	810	3340 - 5117	100	3340 - 5117	51	2
Obersaxen (Valata)	Obersaxen, Surcuolm	2536	0 - 277	0 - 11	0	6	4
Poschiavo (Li Gerl)	Poschiavo	5610	67 - 2070	1 - 37	67 - 2070	54	2
Ramosch (inkl. Seraplana)	Ramosch	297	0 - 259	0 - 87	0 - 259	84	3
Rongellen	Rongellen	41	0	0	0	0	4
Rossa	Rossa	103	0	0	0	0	4

Legende siehe Seite 49

¹⁾ Definition der Kategorien siehe Seite 13

ARA-Name	Gemeinden im Einzugsgebiet	kg P ₂ O ₅ im KS pro Jahr	Manko in kg P ₂ O ₅	verwertbarer KS-Anteil in %	Potential unhygienisierter KS (kg P ₂ O ₅)	Bioanteil in % der LN	Kategorie ¹⁾ hinsichtlich KS-Verwertung
Rueun (Sablun)	Rueun, Andiastr, Siat, Waltensburg/Vuorz	1630	0 - 700	0 - 43	0 - 123	42	3
Safien (Camanaboden, Safien-Platz)	Safien	182	0 - 195	0 - 100	0	26	4
Samedan (Sax)	Samedan, Bever	9156	0 - 116	0 - 1	0	70	4
Samnaun	Samnaun	2898	0	0	0	37	4
S-chanf (Furnatsch)	S-chanf, Madulain, La Punt-Chamues-ch, Zuoz	2318	0	0	0	24	4
Schluen (Grub)	Schluen, Castrisch, Falera, Ilanz, Laax, Ladir, Luven, Ruschein, Sagogn, Sevegin, Schnaus	9025	1747 - 4252	19 - 47	-	14	1
Scul (Sot Ruinas)	Scul, Sent, Tarasp	7376	1303 - 2403	18 - 33	1303 - 2285	51	2
Seewis (Vorderes Prättigau)	Seewis i.P., Fanas, Grösch, Schiers, Fideris, Jenaz, Luzein, Furna, Valzeina	13975	163 - 2581	1 - 19	163 - 1314	19	2
Sils i.E./Segl	Sils i.E. / Segl	2504	0	0	0	58	4
Silvaplana	Silvaplana	2783	0	0	0	31	4
Soglio	Soglio	39	0	0	0	28	4
Splügen	Splügen	601	0 - 73	0 - 12	0	94	4
Stampa	Stampa	240	0	0	0	59	4
Stampa (Maloja)	Stampa (Maloja)	1127	0	0	0	59	4
Sufers	Sufers	66	0 - 19	0 - 29	0	100	4
Sur	Sur	17	0	0	0	53	4
Susch	Susch	281	0 - 33	0 - 12	0 - 33	23	3
Tenna	Tenna	79	0 - 108	0 - 100	0	34	4
Tenna (Innerbürg)	Tenna	5	0 - 108	0 - 100	0	34	4
Tiefencastel	Tiefencastel, Alvaschein, Brienz, Lantsch/Lenz, Mon, Stierva	2144	2153 - 3343	100	-	39	2
Trimmis	Trimmis, Says	1683	6378 - 7488	100	6378 - 7488	1	1
Trin (Dabi und Isla)	Trin	868	1481 - 2144	100	1481 - 2144	5	1
Trun (Zavraglia)	Trun, Sumvitg, Schlans	2437	0 - 193	0 - 8	-	31	3
Tschlin	Tschlin	275	0 - 165	0 - 60	0 - 165	58	3

¹⁾ Definition der Kategorien siehe Seite 13

Legende siehe Seite 49

ARA-Name	Gemeinden im Einzugsgebiet	kg P ₂ O ₅ im KS pro Jahr	Manko in kg P ₂ O ₅	verwertbarer KS-Anteil in %	Potential unhygienisierter KS (kg P ₂ O ₅)	Bioanteil in % der LN	Kategorie ¹⁾ hinsichtlich KS-Verwertung
Tujetsch (inkl. Cavorgia)	Tujetsch	4775	0	0	0	15	4
Tumeg/Tomils	Tumeg/Tomils	279	576 - 798	100	576 - 798	32	2
Valendas (inkl. Dutjen u. Brün)	Valendas	91	172 - 1089	100	172 - 1089	23	1
Vals (Camp)	Vals	4788	0	0	0	77	4
Vaz/Observaz (Canius u. Faschas)	Vaz/Observaz	10375	0	0	0	48	4
Vella	Vella	423	0 - 30	0 - 7	0	0	4
Versam u. Versam (Sculms-Vorderhof)	Versam	111	0 - 500	0 - 100	0 - 458	18	3
Vicosoprano	Vicosoprano	263	0	0	0	29	4
Vrin (Cons)	Vrin	?	0	0	0	29	4
Zernezh (inkl. Zernezh Brall)	Zernezh	565	0 - 104	0 - 18	0 - 104	61	3
Zillis-Reischen (Val Schons)	Zillis-Reischen, Andeer, Pignia, Clugin, Donath, Castil-Wergenstein, Mathon, Lohn, Patzen-Fardün	2047	480 - 1944	23 - 95	-	62	2

Legende:

(Spalten 3 bis 8):

- 3: Jährlicher Phosphoranfall (in kg P₂O₅) im Klärschlamm der ARA.
- 4: Gesamtes Phosphormanko (kg P₂O₅) der Gemeinden im Einzugsgebiet der ARA nach Berücksichtigung der vorhandenen Hofdünger.
- 5: Theoretisch verwertbarer Klärschlammanteil der ARA ohne Berücksichtigung der Hygienisierungsvorschrift und des Anteils Biolandbau.
- 6: Im Ackerbau mit unhygienisiertem Klärschlamm verwertbare Phosphormenge (kg P₂O₅).
- 7: Gesamter %-Anteil biologisch bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche (mit Klärschlammverbot) in den Gemeinden des Einzugsgebietes der ARA.
- 8: Beurteilung des ARA-Einzugsgebietes bezüglich der Bedeutung der Düngung mit Klärschlamm (Kategorien 1 bis 4; vgl. Kap. 2.2.3).

¹⁾ Definition der Kategorien siehe Seite 13

4 Tabelle: Kläranlagen in Bau oder geplant

ARA-Name	Gemeinden im Einzugsgebiet	kg P ₂ O ₅ im KS pro Jahr	Manko in kg P ₂ O ₅	verwertbarer KS-Anteil in %	Potential unhygienisierter KS (kg P ₂ O ₅)	Bioanteil in % der LN	Kategorie ¹⁾ hinsichtlich KS-Verwertung
Ardez (Bos-cha)	Ardez	?	0	0	0	49	4
Arvigo	Arvigo	62	0	0	0	0	4
Avers (Juppa)	Avers	?	0	0	0	80	4
Degen (Turatscha)	Degen, Vignogn	550	0 - 838	0 - 100	0 - 578	4	3
Duvin	Duvin	52	0 - 10	0 - 19	0	16	4
Langwies	Langwies	345	0 - 211	0 - 61	0	13	4
Marmorera	Marmorera	41	0	0	0	0	4
Mesocco (Deira)	Mesocco	21	0	0	0	13	4
Mulegns	Mulegns	41	0 - 108	0 - 38	0	58	4
Mutten	Mutten	86	0	0	0	77	4
Nufenen	Nufenen	207	0 - 219	0 - 100	0	100	4
Pigniu	Pigniu	41	0	0	0	98	4
Pitasch	Pitasch	103	0	0	0	34	4
Riein	Riein	52	0 - 9	0 - 17	0	67	4
Selma	Selma	69	0	0	0	0	4
Sent (Sur En)	Sent	52	0 - 399	0 - 100	0 - 399	54	3
St. Antönien	St. Antönien	190	0	0	0	13	4
Tujetsch (Selva)	Tujetsch	120	0	0	0	15	4
Uors-Pelden (Suraau)	Uors-Pelden, Surcasti, Camuns, Tersnaus	172	235 - 535	100	235 - 383	36	2
Vrin (Spinass)	Vrin	?	0	0	0	29	4

¹⁾ Definition der Kategorien siehe Seite 13

Legende siehe Seite 49