

# Klärschlammvererdung



**Abschlussbericht zur  
Klärschlammvererdung  
mit Schilf in der  
Steiermark**



**Das Land  
Steiermark**





# Einleitung

Im Steiermärkischen Klärschlammverwertungs- und Entsorgungskonzept – „Grundsatzkonzept“ aus dem Jahre 1993 wurde für die Steiermark als vorrangiges Ziel die Rückführung von unbelasteten Klärschlämmen in den natürlichen Stoffkreislauf vorgeschlagen.

So hat das Amt der Steiermärkischen Landesregierung seit nunmehr über 10 Jahren die Errichtung von Pilotanlagen zur Klärschlammvererdung mit Schilf gefördert sowie Untersuchungen über die Funktionsfähigkeit derartiger Anlagen in Auftrag gegeben.

Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse in den ersten Betriebsjahren wurde bereits im Jahre 1998 eine Publikation über die Planung, den Bau und Betrieb von Klärschlammvererdungsanlagen veröffentlicht.

In weiterer Folge wurde die Forschungsgesellschaft Joanneum Research beauftragt bei den Pilotanlagen in Heiligenkreuz am Waasen, Weinitzen, Großhart, Mühlen und Dornegg die Untersuchungen fortzuführen. Diesen Untersuchungsergebnissen zufolge ist die Klärschlammvererdung mit Schilf eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Klärschlammbehandlungsverfahren.

Die gesamten Ergebnisse der Forschungsarbeiten durch das Joanneum Research werden nunmehr in diesem Sonderband der Abteilung 19 - Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung zusammengefasst und veröffentlicht.

Für das Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Abteilung 19 - Wasser und Abfallwirtschaft

Fachabteilung 19 A  
Dipl. Ing. Johann Wiedner

Fachabteilung 19 D  
Dipl. Ing. Dr. Wilhelm Himmel



# Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Darstellung der Klärschlamm-situation in der Steiermark .....	4
2	Prinzip der Klärschlammvererdung mit Schilf .....	7
3	Planung, Bau und Betrieb von Klärschlammvererdungsanlagen .....	9
3.1	Planung und Bauausführung .....	9
3.1.1	Dimensionierung .....	9
3.1.2	Ausführung der Vererdungsbecken .....	9
3.2	Betrieb der Vererdungsanlagen .....	17
3.2.1	Beschickung der Vererdungsbecken.....	17
3.2.2	Räumung .....	17
3.2.3	Wartung und Betreuung der Anlage .....	18
3.3	Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	19
3.4	Kontrolle und Überwachung von Vererdungsanlagen.....	20
3.4.1	Allgemeine Sicherheitshinweise .....	20
3.4.2	Eigenüberwachung .....	20
3.4.3	Fremdüberwachung .....	24
4	Pilotprojekte.....□	26
4.1	Untersuchungsprogramm .....	27
4.2	Anlagenbeschreibung .....	29
4.2.1	Vererdungsanlage Heiligenkreuz/Waasen .....	29
4.2.2	Vererdungsanlage Weinitzen .....	29
4.2.3	Vererdungsanlage Großhart.....	29
4.2.4	Vererdungsanlage Mühlen.....	31
4.2.5	Vererdungsanlage Dornegg .....	31
4.3	Untersuchungsergebnisse .....	32
4.3.1	Wirkungsmechanismen im Vererdungsbecken.....	32
4.3.2	Schilfentwicklung.....	35
4.3.2.1	Wirkungsmechanismen im Vererdungsbecken.....	35
4.3.2.2	Schilfentwicklung.....	36
4.3.2.3	Wasserbilanzierung.....	36



4.3.2.4	Sickerwasseruntersuchungen .....	37
4.3.2.5	Volumenreduzierung im Vererdungsbecken.....	38
4.3.2.6	Profildifferenzierung im Klärschlammbecken .....	39
4.3.2.7	PH-Wert, Redoxpotential und Temperaturbedingungen .....	40
4.3.2.8	Organische Substanz und Nährstoffe .....	40
4.3.2.9	Schwermetalle .....	41
4.3.2.10	Hygienisch-bakteriologische Untersuchungen.....	41
4.3.2.11	Tiergruppenzusammensetzung .....	43
4.3.2.12	Pflanzenverträglichkeit .....	43
<b>5</b>	<b>Anlagenevaluierung .....</b>	<b>45</b>
5.1	Erfassung und Beschreibung bestehender Anlagen .....	45
5.2	Stärken/Schwächenprofil.....	48
5.3	Leistungsübersicht.....	49
5.4	Entwicklungspotentiale .....	50
<b>6</b>	<b>Literatur.....□</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b> □	<b>52</b>
7.1	Eigenüberwachungsblatt .....	52
7.2	Fremdüberwachungsblatt .....	53
7.3	Übersicht .....	54



# Allgemeine Darstellung der Klärschlammssituation in der Steiermark

In den vergangenen Jahren erfolgte in der Steiermark ein umfangreicher Ausbau der öffentlichen Abwasserentsorgung, sodass derzeit ein Entsorgungsgrad von rund 86% erreicht ist. Nach derzeitigen Schätzungen ist ein kommunaler Gesamtentsorgungsgrad von rund 94 % durchaus realistisch [1].

Mit Stand Dezember 2002 waren in der Steiermark insgesamt 472 Abwasserreinigungsanlagen größer als 50 EW mit einer Reinigungskapazität von 1,95 Mio EW in Betrieb. Die Auslastung betrug etwa 85 %, was ca. 1,67 Mio EW entspricht. Davon haben rund 180 Anlagen Ausbaugrößen zwischen 50 und 500 EW wobei die betrieblich-kommunalen Kläranlagen Gratkorn und Pöls in dieser Auswertung nicht berücksichtigt sind.

Nach den Erhebungen im Rahmen des „Steirischen Klärschlammkatasters“ wurden im Jahr 2002 24.200 t TS an Klärschlamm einer Verwertung bzw. Entsorgung zugeführt. Nach Umsetzung einer flächendeckenden Entsorgung und Anpassung der Kläranlagen an den Stand der Technik wird künftig mit einem Anstieg des jährlichen Klärschlammmanfalls auf 25.000 – 30.000 t TS pro Jahr (errechneter Klärschlammmanfall pro Kopf 15 kg TS/EW/a) gerechnet.

Zurzeit werden die Klärschlämme kommunaler Anlagen vor ihrer Verwertung bzw. Entsorgung in jedem Fall einer Stabilisierung (zu 42 % aerob, 58 % anaerob) und zu 65 % vor der Verwertung bzw. Entsorgung auch einer Entwässerung unterzogen.

Rund 21,5 % der anfallenden Klärschlammengen d.h. 5.200 t TS werden landwirtschaftlich und rund 33,7 % (8.200 t TS) im Landschaftsbau verwertet (Stand 2002). Wobei rund 11 % der Schlämme vor ihrer Verwertung zur qualitativen Verbesserung kompostiert werden, bzw. laut Angaben des Steiermärkischen Klärschlammkatasters zu je 1 % einer Vererdung bzw. Trocknung unterzogen werden. Die Bereitschaft der Landwirtschaft Klärschlämme als „Entsorger“ zu übernehmen sinkt zusehends,

beruhend auf Unsicherheiten aufgrund fehlender Regelungen bzw. einer Förderpolitik, welche die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung erschweren (beispielsweise die ÖPUL-Richtlinien). Daher ist aus heutiger Sicht die Landwirtschaft als zukunftssträchtige Entsorgungsschiene für Klärschlämme fraglich.

Im Jahr 2002 wurden noch immerhin 26,6 % (6.400 t TS) der anfallenden Klärschlammmenge deponiert. Auch für diese Klärschlammengen müssen in den nächsten Jahren andere Verwertungswege gefunden werden, da mit dem Inkrafttreten der Deponieverordnung die Deponierung von Klärschlämmen in dieser Form künftig nicht mehr gesetzeskonform ist.

Ein Anteil von rund 8,4 % (2.000 t TS) der anfallenden Mengen wurde bis dato einer thermischen Verwertung zugeführt. Für die restlichen 9,8% (2.400 t TS) wird eine Zwischenlagerung angegeben.

Ein Drittel des gesamten Klärschlammes wird direkt von den Kläranlagenbetreibern an die Verwerter oder Entsorger übergeben, zwei Drittel werden von Fremdfirmen übernommen, welche die Schlämme nach einer weiteren Behandlung an die Verwerter oder Entsorger weitergeben.

## Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark

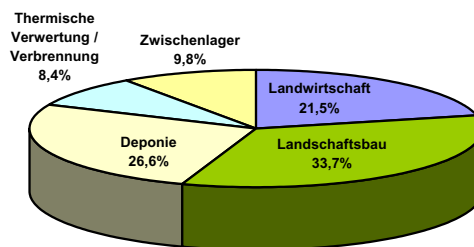


Abb.1: Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark.



In ländlichen Gebieten ist im Gegensatz zu dicht besiedelten urbanen Gebieten der Einsatz von dezentralen Lösungen zur Abwasserreinigung aus finanziellen und technischen Gründen vorteilhaft. Hier kommen vorzugsweise kleine Kläranlagen bzw. Kleinkläranlagen zum Einsatz. Steiermarkweit sind derzeit über 1.500 technisch biologische Kleinkläranlagen (<50 EW) sowie 730 Pflanzenkläranlagen für die Entsorgung von über 13.000 Einwohnern in Betrieb.

Künftig ist noch mit einem weiteren Anstieg dieser Kleinanlagen zu rechnen. Es wird erwartet, dass von den zurzeit noch über mechanische Anlagen bzw. Sammelgruben entsorgten Abwässern aus vorwiegend ländlichen Gebieten rund die Hälfte öffentlichen Entsorgungsanlagen, und hier hauptsächlich wiederum kleinen Kläranlagen (< 250 EW), und die andere Hälfte durch genossenschaftliche und private Kleinanlagen erfasst wird.

Die in ländlichen Gebieten bzw. im Streusiedlungsbereich anfallenden Klärschlämme müssen ebenso einer ordnungsgemäßen Entsorgung bzw. Verwertung zugeführt werden. Kostengünstige, effiziente und ökologisch sinnvolle Verfahren sollen in diesen Bereichen zum Einsatz kommen. Ein Transport des anfallenden Schlammes zu anderen Kläranlagen ist zum einen aus organisatorischen (Entfernungen, Transport des Schlammes der einen Wassergehalt von ca. 95 % hat, etc.) und zum anderen aus ökonomischen Gründen (Transportkosten, Übernahmekosten, etc.) nicht sinnvoll.

Als ein solches Verfahren bietet sich die Klärschlammvererdung mit Schilf an. Dies ist eine kostengünstige Form der Stabilisierung, Entwässerung und Volumenreduzierung des Schlammes in mit Schilf bepflanzten Becken.

Die Bauweise der Becken ähnelt jener herkömmlicher Trockenbeete mit einer Filterschicht aus Sand und Schotter und einer Drainage. Der Klärschlamm wird in bestimmten Mengen und Intervallen über ei-

nen Zeitraum von 5 - 10 Jahren hinweg, direkt in die Schilfbecke gepumpt. Über das Filtersystem fließt ein Teil des Wassers aus dem Klärschlamm in die Kläranlage zurück.

Durch die Tätigkeiten des Schilfs und der sich darauf gründenden Bakteriengesellschaften wird der in ein Klärschlammvererdungsbecken eingebrachte Schlamm entwässert, stabilisiert und qualitativ verbessert. Die Klärschlammvererdung bringt eine Volumenreduzierung, Entwässerung und Stabilisierung des Schlammes ohne zusätzlichen Energieaufwand. Das Endprodukt ist ein relativ stabiles „Klärschlamm - Erds substrat“, das gut lager- und transportfähig ist und als Erdmaterial verschiedensten Verwendungen (Rekultivierungen, Begrünungen, etc.) zugeführt werden kann und nicht zwangsweise in der Landwirtschaft untergebracht werden muss. Für den Kläranlagenbetreiber bietet sich außerdem der Vorteil, dass er nur einmal in 5 - 10 Jahren den Schlamm nach der Räumung aus den Vererdungsbecken verwerten bzw. entsorgen muss.

Für den routinemäßigen Einsatz der Klärschlammvererdung in der Steiermark wurden von Seiten der Joanneum Research im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung (Fachabteilungen 19A und 19D) über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren Untersuchungen an Pilotprojekten [2 - 18] durchgeführt, die dazu führten, dass die Klärschlammvererdung mit Schilf heute als ein wichtiger Teil der kleinräumigen Klärschlamm entsorgung anerkannt werden kann und in vielen Bereichen ein Einsatzspektrum gefunden hat.

Mit der zusammenfassenden Veröffentlichung der Ergebnisse dieser jahrelangen Forschungsarbeiten in diesem Bericht sollen einerseits die Forschungsergebnisse einem breiteren Publikum zugänglich gemacht werden und andererseits Grundlagen für die Planung, den Bau und den Betrieb von Klärschlammvererdungsanlagen in unterschiedlichen Einsatzbereichen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.



Zusätzlich bietet eine Darstellung und Beschreibung bzw. Evaluierung aller derzeit in der Steiermark vorhandenen Klärschlammvererdungsanlagen sowie die Erstellung eines Stärken-/Schwächenprofil dieser Anlagen wertvolle Informationen und Hinweise für künftige Planung und den Praxisbetrieb.





# Prinzip der Klärschlammvererdung mit Schilf

Die Klärschlammvererdung mit Schilf ist ein Verfahren zur stofflichen Verwertung von Klärschlämmen. Bei diesem Verfahren, welches sich sowohl für aerob stabilisierte als auch für anaerobe Flüssigschlämme und für Fäkalschlämme eignet, erfolgt eine Entwässerung und Stabilisierung bzw. Mineralisierung des Schlammes in mit Schilf bepflanztene Becken. Der flüssige Klärschlamm wird über einen Zeitraum von 5 - 10 Jahren in bestimmten Mengen und Intervallen direkt in die Schilfbecke, welche herkömmlichen Trockenbecken ähneln, gepumpt. Dort erfolgt eine natürliche Entwässerung des Schlammes über das Drainagesystem der Becken und durch die Evapotranspiration des Schilfs.

Durch die Tätigkeiten des Schilfs und der sich darauf gründenden Bakteriengesellschaften wird der in ein Klärschlammvererdungsbecken eingebrachte

Schlamm nicht nur entwässert sondern auch stabilisiert und qualitativ verbessert.

Je nach Auslegung der Anlage erfolgt die maschinelle Räumung der Becken nur alle 5 - 10 Jahre. Der regelmäßige Betrieb der Anlage wird durch die Beckenräumung nicht unterbrochen, die geräumten Becken können sofort wieder in Betrieb genommen werden.

Die Klärschlammvererdung bringt eine Volumenreduzierung, Entwässerung und Stabilisierung des Schlammes ohne zusätzlichen Energieaufwand. Das Endprodukt ist ein relativ stabiles erdähnliches Material, das gut lager- und transportfähig ist und verschiedensten Verwendungen, vor allem im Bereich Rekultivierung und Landschaftsbau, zugeführt werden kann.

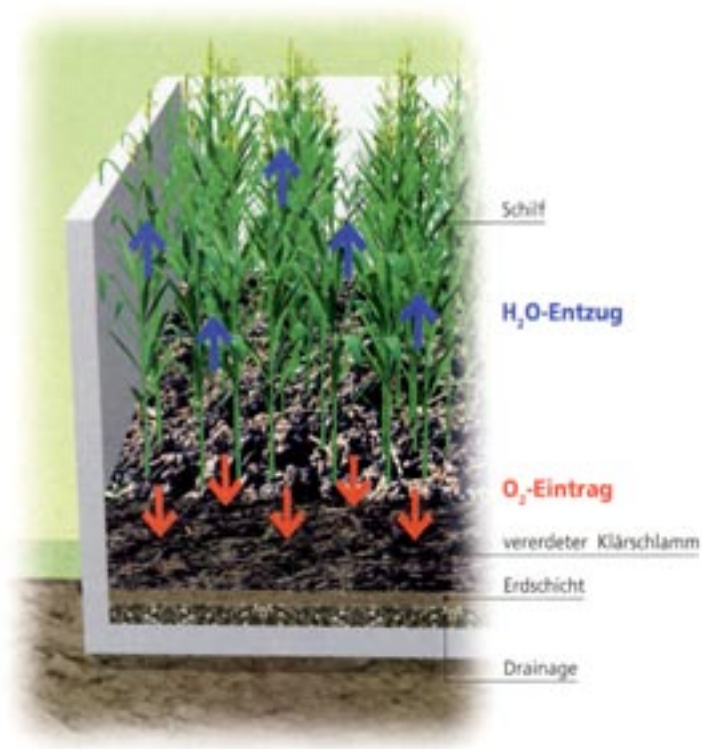


Abb.2: Klärschlammvererdungsanlage - Querschnitt



Die Wirkungsmechanismen in einem Vererdungsbecken sind sehr komplex und ergeben sich aus dem Zusammenwirken von Schilf, Mikroorganismen, Klärschlamm und Filtermaterial. Die Schlüsselfunktionen dazu stellen die direkten und indirekten Wirkungen des Schilfs dar.

Voraussetzung für das Funktionieren von Klärschlammvererdungsanlagen ist daher ein gut entwickelter Schilfbestand in den Becken.

Das Schilf, das im Schlamm hochproduktive Bestände entwickeln kann, bewirkt auf Grund seiner biologischen Tätigkeiten Veränderungen der Milieubedingungen im Klärschlamm.

Die Durchwurzelung des Klärschlammkörpers ermöglicht einerseits einen Wasserentzug durch die Wurzeln auch aus unteren Klärschlammsschichten. Andererseits lockern die Wurzeln die Klärschlammsschichten auf und halten die Poren offen bzw. vergrößern [19] sogar den Porenraum. Dadurch wird nicht nur eine bessere Entwässerung sondern auch eine verbesserte Sauerstoffversorgung möglich.

Weiters erfolgt durch die Wurzeln selbst eine Abgabe von Sauerstoff über das Interzellulärsystem von jungen Rhizom- und Adventivwurzeln [20-24] was zu aeroben Verhältnissen im unmittelbaren Wurzelbereich führt. Diese Bedingungen bieten vielen

Mikroorganismen Lebensraum und begünstigen aerobe Abbauvorgänge.

Weiterer Sauerstoffeintrag erfolgt durch die auf den Halmbewegungen beruhende Rissbildung im Klärschlamm. Dies hat auch zur Folge, dass zusätzlich Wasser über die Risse aufsteigen und vor allem im Frühjahr, bei geringerer Bestandesdichte, verdunsten kann.

Durch den Bestandesabfall des Schilfs erfolgt ein zusätzlicher Eintrag von abbaubarer organischer Masse in den Klärschlamm. Hierbei handelt es sich zum Großteil um langsam abbaubare Stoffe, die den Klärschlamm zusätzlich strukturieren und zur „stofflichen Stabilisierung“ beitragen. Außerdem ist die isolierende Wirkung des Bestandesabfalls im Winter, und die Sauerstoffversorgung über die abgestorbenen Halme in der Vegetationsruhezeit von Bedeutung.

Durch eine gute Durchwurzelung des Schlammes wird die physikalische Filterfunktion aufrechterhalten bzw. durch ein zunehmendes erdiges Gefüge des Klärschlammes erhöht, was zu einer Verminderung der Bakterienzahlen im Sickerwasser von Klärschlammbecken führt.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wasserentzug</b> Transpiration Offenhalten v. Poren Rissbildung durch Halmbewegungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sauerstoffeintrag</b> Wurzeln Offenhalten v. Poren Rissbildung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Filterwirkung</b> antibiotische Wirkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Milieuverbesserung f. Mikroorganismen</b> Förderung des aeroben Abbaues</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Strukturierung / Stoffliche Stabilisierung</b> Bestandesabfall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Isolierung im Winter</b> Bestandesabfall</li> </ul>

Abb.3: Wirkungsmechanismen im Klärschlammvererdungsbecken



# Planung, Bau und Betrieb von Klärschlammvererdungsanlagen

## 3.1 PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG

Eine Klärschlammvererdungsanlage besteht aus einem Beton- oder Erdbecken, einer Sickerwasserdrainage und einer Schilfbepflanzung.

Die Klärschlammzuleitung erfolgt im Regelfall im freien Gefälle über eine Freispiegelleitung bzw. über einen Ausgleichs- bzw. Vorlagebehälter.

Das anfallende Sickerwasser fließt je nach Geländegegebenheiten entweder im freien Gefälle oder über einen Sickerwasserpumpschacht in die Kläranlage zurück.

Wird eine Anlage auch im Winter betrieben, so sind in klimatischen Zonen, in welchen man mit einem Zufrieren der Anlage im Winter rechnen kann, beim Verlegen der Rohrleitungen auf technische Wintersicherheit zu achten.

Wird die Anlage während der kalten Jahreszeit nicht betrieben, so ist zur Speicherung des anfallenden Schlammes während der „beschickungslosen“ Zeit im Winter das Vorhandensein eines Schlammspeichers in der Kläranlage erforderlich.

---

### 3.1.1 Dimensionierung

Der Flächenbedarf für eine Klärschlammvererdungsanlage beträgt bei einer mittleren nutzbaren Beckentiefe von 1,5 - 1,7 m (ohne Drainageaufbau)

0,25 m<sup>2</sup>/EW für aerob stabilisierten Schlamm  
0,50 m<sup>2</sup>/EW für anaerob stabilisierten Schlamm

Die Gesamtbeschickungszeit bis zur ersten Beckenräumung beträgt bei derart dimensionierten Becken 5 - 10 Jahre.

Grundsätzlich sollten mindestens zwei oder mehrere Vererdungsbecken errichtet werden. Dies gestattet flexible Reaktionen auf künftige Klärschlammwicklungen und auf weiteren ungestörten Betrieb während der Beckenräumung oder bei unvorhergesehen auftretenden Störungen im Betrieb.

### 3.1.2 Ausführung der Vererdungsbecken

Die Becken können entweder als Betonbecken oder als „Erdbecken mit Folie“ ausgeführt werden.



*Abb.4: Betonbecken*



*Abb.5: Erdbecken mit Folie*



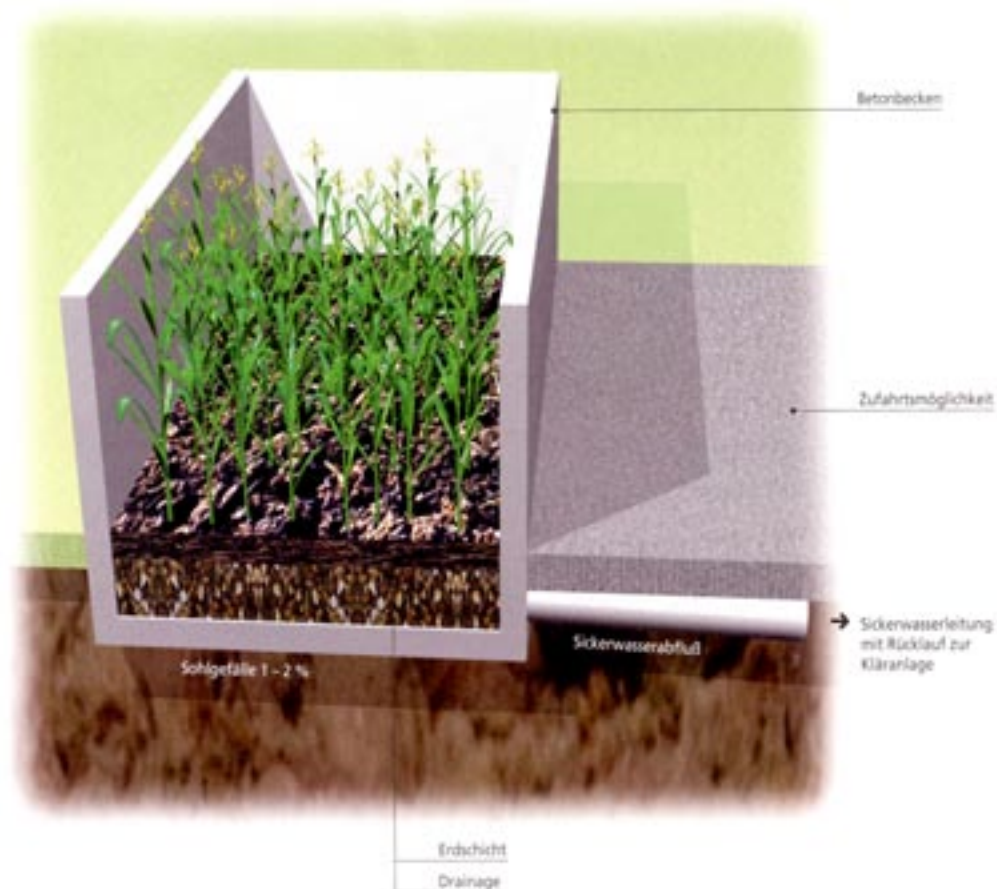
### ◆ Betonbecken

Die Becken werden als dichte Betonbecken ausgeführt, wobei die Wandstärken und die Ausführung der Becken von den Gelände- und Untergrundverhältnissen abhängig ist. Die erforderliche Nutzungstiefe beträgt zwischen 1,5 und 1,7 m. Im Hinblick auf die Beckenräumung können die Becken entweder befahrbar oder unbefahrbar gestaltet werden.

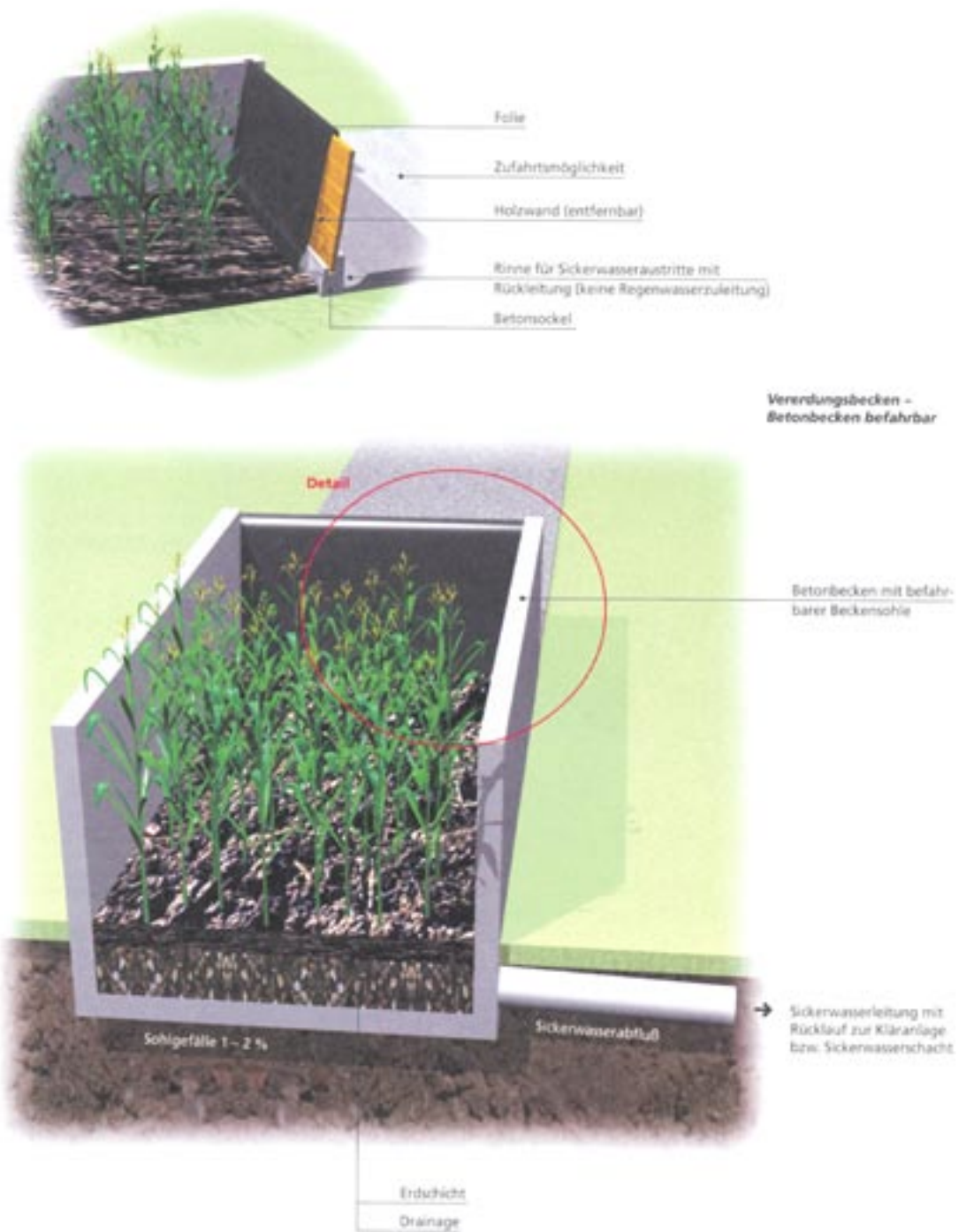
Bei den befahrbaren Becken ist auf einer Beckenseite eine Zufahrtmöglichkeit in die Becken vorzusehen. In diesem Fall muss die Drainage mit befahrbaren Drainagesteinen gestaltet werden, was zu zusätzlichen Kosten führt.

Bei nichtbefahrbaren Becken sollte eine Zufahrtmöglichkeit zu den Becken für einen Bagger oder ein anderes Räumfahrzeug zur Räumung vorhanden sein. Bei der Gestaltung des Grundrisses ist im Hinblick auf die Räumung darauf zu achten, dass die maximale Beckenbreite auf die „Löffelreichweite“ eines Baggers ausgerichtet wird.

Folgende Abbildungen zeigen Beispiele für verschiedene Möglichkeiten der Gestaltung von Betonbecken:



**Abb.6: Nichtbefahrbares Betonbecken**



**Abb.7: Befahrbares Betonbecken mit Einfahrtsrampe und Becken mit entfernbarer Wand**

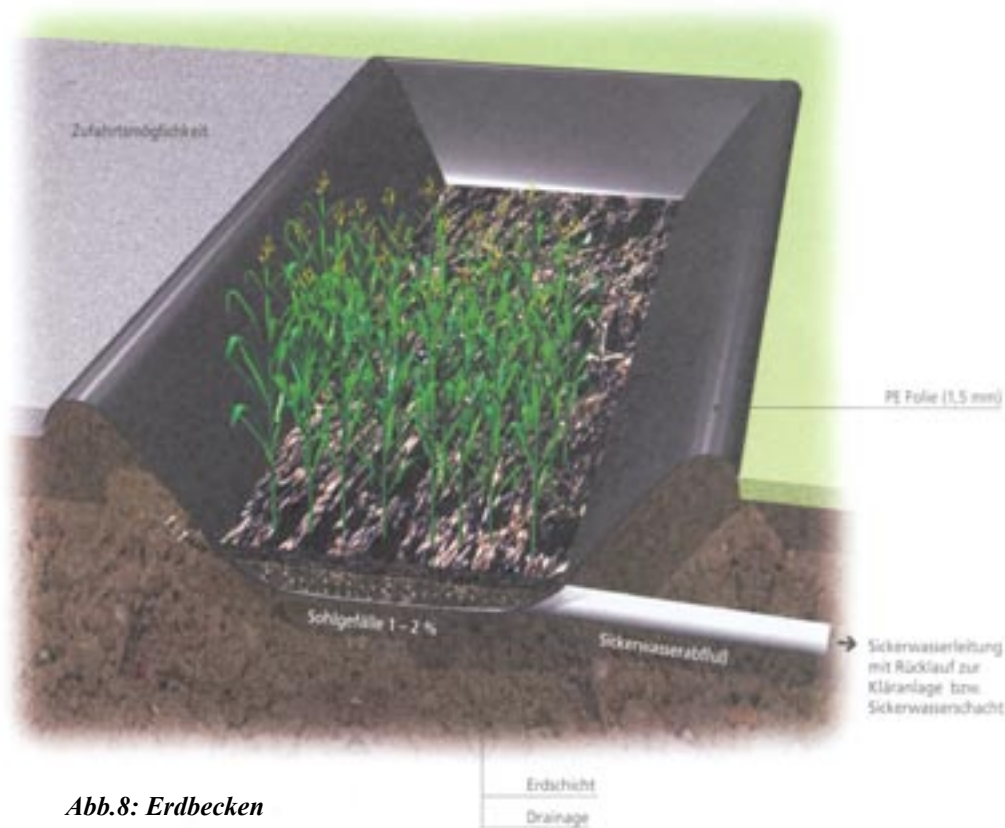


### ◆ Erdbecken

Die Erdbecken werden mit einer mittleren Nutztiefe von 1,5 - 1,7 m und einer Böschungsneigung von 1:1 gestaltet.

Die Böschungs- und Bodenflächen der Erdbecken

werden mit einer PE HD-Folie (1,5 mm) abgedichtet. Weiters ist auf eine Zufahrtmöglichkeit zur Räumung der Becken zu achten, bzw. auf die Möglichkeit eine Becken- bzw. Böschungsseite bei Bedarf für die Räumung öffnen zu können.



**Abb.8: Erdbecken**

### ◆ Drainageaufbau

Beim Aufbau der Drainage gibt es keine Unterschiede zwischen den beiden Beckenvarianten. Die Drainage wird in Form einer Flächendrainage mit einem Sohlgefälle von 1-2 % zum Ablaufschacht hin angelegt.

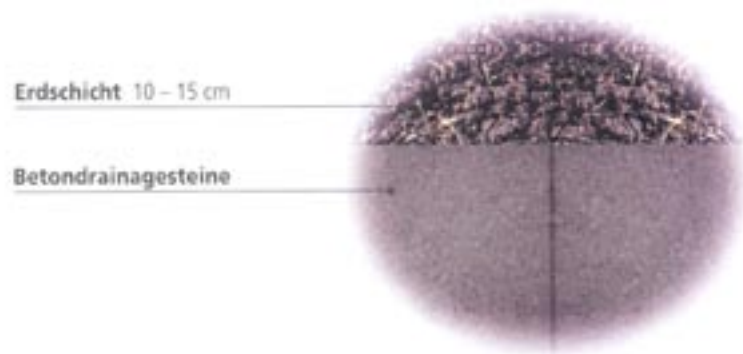
Über dem Drainageaufbau wird zur Pflanzung des Schilfs eine Erdschicht von 10-20 cm eingebracht. Für den Drainageaufbau hat sich die Verwendung von gewaschenem Schotter und Drainagevlies in der Praxis bestens bewährt. Gut geeignet sind auch die etwas kostspieligeren Drainagesteine.



### DRAINAGEAUFBAU MIT SCHOTTER UND VLIES



### BETONDRAINAGESTEINE



**Abb.9: Verschiedene Möglichkeiten des Drainageaufbaues**

#### ◆ Bepflanzung

Die Bepflanzung der Anlage muss vor Inbetriebnahme der Becken erfolgen. Als Pflanzmaterial wird ausschließlich Schilf (*Phragmites australis*) verwendet. Andere Wasser- bzw. Sumpfpflanzen sind zum Einsatz bei der Klärschlammvererdung nicht geeignet.

Die Schilfrhizome werden in die über der Drainage eingebrachte 10-20 cm dicke Erdschicht mit einer Pflanzdichte von 10-20 Einzelpflanzen pro m<sup>2</sup> Vererdungsfläche gesetzt. Die beste Pflanzzeit für das Schilf ist das Frühjahr bzw. der Herbst. Um ein Anwachsen der Pflanzen zu gewährleisten ist das „Feuchthalten“ der Pflanzen unbedingt erforderlich. Die Pflanzen müssen regelmäßig gegossen werden

bzw. die Becken bis zum Anwachsen des Schilfs eingestaut werden.

Mit den regelmäßigen Beschickungen kann erst nach dem Antreiben bzw. Anwachsen des Schilfs begonnen werden.

Das Schilf bleibt im Winter in den Vererdungsbecken. Die absterbenden Schilfhalm bilden im Winter eine Isolierschicht und geben außerdem dem Klärschlamm „Struktur“.



**Abb.10: Schilf (*Phragmites australis*)**

#### ◆ Schlammzuleitung

Zu beachten ist, dass die Beschickung der Vererdungsbecken möglichst drucklos erfolgt, um ein Aufheben der Pflanzendecke und bereits vererdeter Schlammschichten zu verhindern.

Je nach Geländegegebenheit kann die Beschickung auf unterschiedliche Weise erfolgen:

- Die Beschickung erfolgt direkt aus dem Schlammspeicher im freien Gefälle über eine Freispiegelleitung direkt in das Vererdungsbecken. Die Beschickungsmenge wird über „Schieber“ geregelt. Die Einleitung des Schlammes vom Verteilerrohr in die Becken erfolgt über frei im Becken liegende bewegliche Schläuche.
- Die Beschickung erfolgt aus einem Ausgleichs- bzw. Vorlagebehälter: Der Schlamm wird in einen erhöht stehenden Ausgleichsbehälter gepumpt und von dort über einen Bodenablass wiederum im freien Gefälle in die Becken geleitet.

Die Zuleitung vom Schlammspeicher in den Ausgleichsbehälter erfolgt durch eine Tauchpumpe mit Schneideradreinrichtung über eine Pumpdruckleitung. Das Fassungsvermögen des Ausgleichsbehälters ist auf die maximale Beschickungsmenge pro Becken auszulegen. Aus dem Ausgleichsbehälter wird der Schlamm über einen Bodenablass über frei beweglichem Becken liegende Schläuche in die Vererdungsbecken eingeleitet. Die Steuerung der in die Becken eingebrachte Klärschlammmenge erfolgt über „Schieber“.

Pro 50 m<sup>2</sup> Vererdungsfläche ist eine Schlauchleitung in das Becken erforderlich. Bei Winterbetrieb der Anlagen ist darauf zu achten, dass die Leitungen „wintersicher“ verlegt werden bzw. gegebenenfalls eine Beheizung der Zuleitungen vorgesehen wird.



**Abb. 11: Beschickung der Vererdungsbecken**

#### ◆ Sickerwasserschacht

Je nach Geländegegebenheiten wird das anfallende Sickerwasser aus den Vererdungsbecken entweder





- im freien Gefälle über eine Freispiegelleitung zum Kläranlagenzulauf zurückgeleitet oder
- über einen Sickerwassersammelschacht in die Kläranlage zurückgepumpt

Für den Sickerwassersammelschacht ist für Anlagen mit einer Gesamtvererdungsfläche bis zu 100 m<sup>2</sup> ein Fassungsvermögen von 0,5 m<sup>3</sup> notwendig. Ab einer Vererdungsfläche von 100 m<sup>2</sup> sollte der Schacht rund 1 m<sup>3</sup> fassen.

Die Rückführung des Sickerwassers aus dem Schacht in die Kläranlage erfolgt durch eine Tauchpumpe mit einer Förderleistung von 1-2 l/sec mit Schwimmerschaltung. Zu beachten ist dabei die geodätische Förderhöhe.

Die „Rückbelastung“ des Kläranlagenzulaufes durch das Sickerwasser aus den Vererdungsbecken ist hinsichtlich der Menge als auch der organischen Belastung gering, und wird im Regelfall bei wöchentlichen Beschickungen von 10 cm durch die bestehende Kläranlage ohne weitere Belastungen aufgenommen. Der Sickerwasserstoß am ersten Tag

der Beschickung beträgt rund 50 % des gesamten Sickerwasseranfalls. Bei Winterbetrieb der Anlage ist darauf zu achten, dass die durch das Auftauen im Frühjahr anfallenden größeren Sickerwassermengen über den Sickerwasserschacht in kleineren Dosen der Kläranlage zurückgeführt werden.

Sollte in der Vererdungsanlage zusätzlicher Schlamm aus anderen Kläranlagen eingebracht werden, ist im Einzelfall die jeweilige zusätzliche Rückbelastung der Kläranlage durch das Sickerwasser zu berücksichtigen.

#### ◆ Schlammspeicher

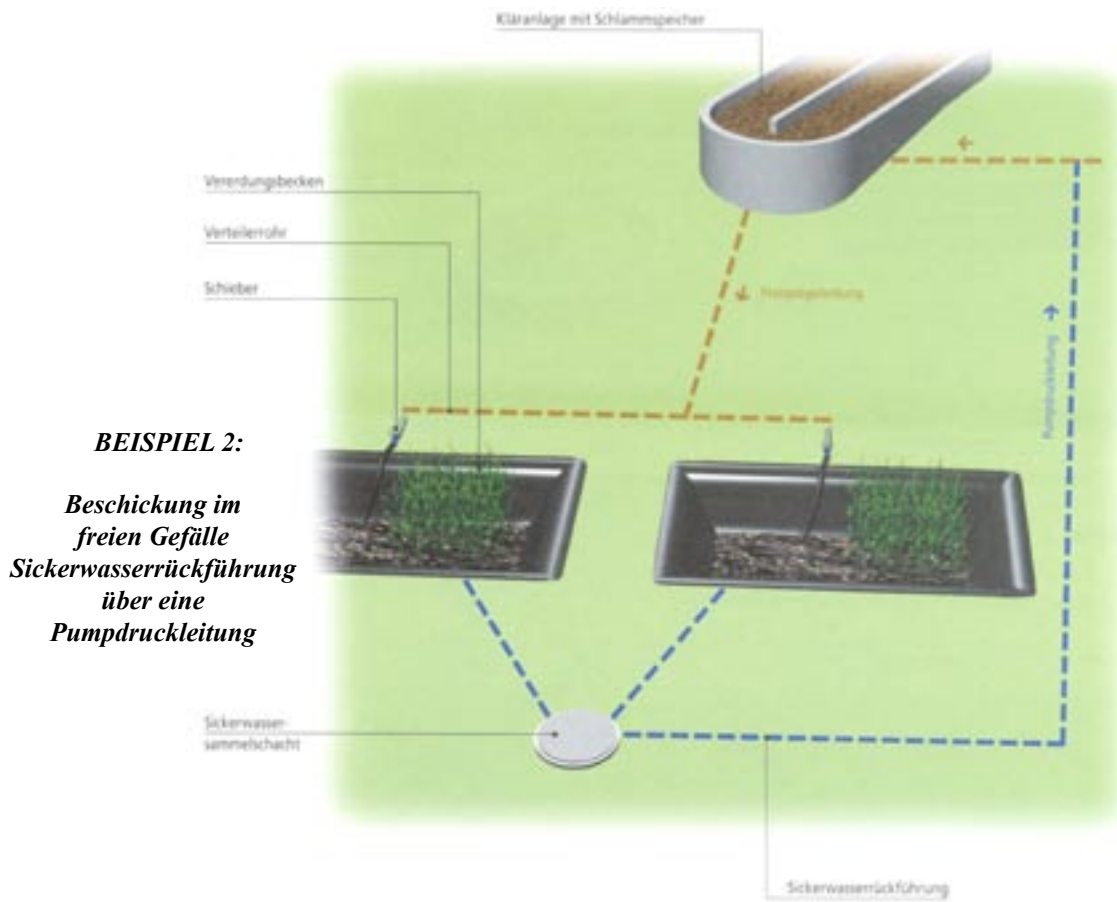
Wenn die Anlage im Winter nicht betrieben werden soll, ist zur Speicherung des Klärschlammes während der „beschickungslosen“ Zeit während der Wintermonate, in welchen mit einem Zufrieren der Anlage zu rechnen ist, ein Schlammspeicher in der Kläranlage notwendig. Dieser muss so dimensioniert werden, dass der anfallende Schlamm von 4-5 Monaten (je nach klimatischen Gegebenheiten) gespeichert werden kann.

### AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

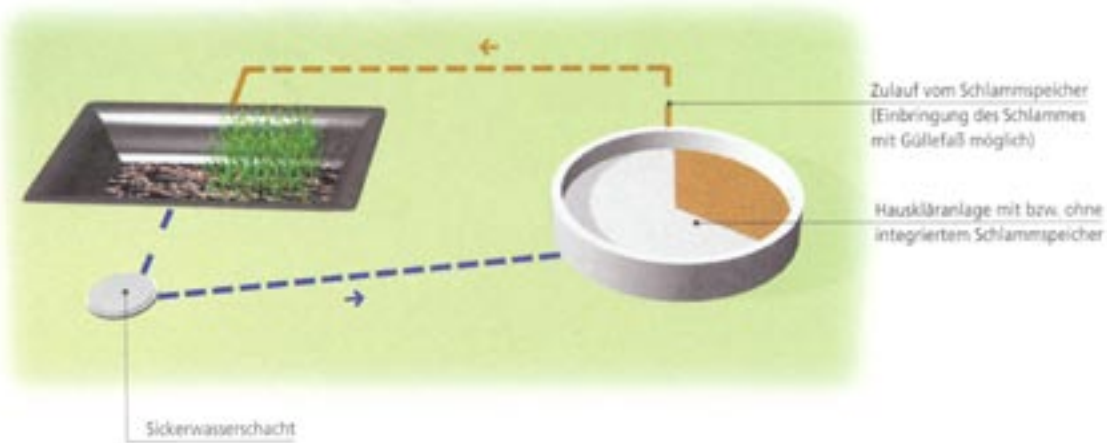


#### BEISPIEL 1:

**Beschickung im freien Gefälle über einen Ausgleichsbehälter Sickerwasserrückführung über eine Freispiegelleitung**



**BEISPIEL 3:** *Klärschlammvererdung für  
 Hauskläranlagen bis 50 EW*





## **3.2 BETRIEB DER VERERDUNGSANLAGEN**

---

### **3.2.1 Beschickung der Vererdungsbecken**

Schilf spielt eine zentrale Rolle bei der Klärschlammvererdung. Nur ein gut entwickelter Schilfbestand gewährleistet das Funktionieren der Anlage. Daher muss vor allem in der sensiblen Anfangsphase, d.h. in den ersten 2 Betriebsjahren, unbedingt darauf geachtet werden, dass sich der Bestand gut entwickeln kann.

Die Flächenbelastung der Anlage muss so gewählt werden, dass der Schilfbestand noch gut wachsen und zeitweise zumindest eine aerobe Mineralisation stattfinden kann. Dies erreicht man durch eine nicht zu hohe Belastung der Anlagen und durch das Einlegen entsprechender Ruhepausen zwischen den einzelnen Beschickungsvorgängen. Grundsätzlich sind die Anlagen, wenn sie mit aerob stabilisiertem Schlamm im Sommerbetrieb beschickt werden, mit Schlamm entsprechend 4 EW/m<sup>2</sup> belastbar.

Beim Betrieb der Anlagen mit anaerobem Schlamm bzw. mit Fäkalschlamm, sind die Becken mit Schlamm entsprechend 2 EW/m<sup>2</sup> belastbar. Auf diese Weise bleibt die Möglichkeit der aeroben Mineralisation erhalten.

Die Becken werden in ein- bis zweiwöchigen Intervallen mit der jeweiligen Menge Nassschlamm beschickt.

Beim reinen Sommerbetrieb der Anlagen beginnen die Beschickungen im Frühjahr nach dem ersten Antreiben des Schilfs und dauern bis zum Eintreten erster Fröste an.

Eine durchgehende Beschickung während des Winters bringt in Klimaregionen in welchen mit einem

Zufrieren der Anlagen zu rechnen ist den Nachteil, dass durch das Zufrieren sich der im Winter eingebrachte Schlamm nur wenig entwässert. Dementsprechend ist beim Auftauen der Anlage im Frühjahr mit einem erhöhtem Sickerwasseranfall zu rechnen.

Die Beschickungen sind in Abstimmung mit der Witterung durchzuführen, so dass zwischen den Einzelbeschickungen genügend Zeit zum Abtrocknen der eingebrachten Klärschlammsschicht vorhanden ist. Es ist wichtig, dass der Schlamm möglichst drucklos in die Becken eingebracht wird und sich gleichmäßig oberflächlich im gesamten Becken verteilt.

Weiters ist darauf zu achten, dass im Frühjahr beim Antrieb des Schilfs die Pflanzen durch die Beschickungen nicht gänzlich mit Schlamm überdeckt werden, da ansonsten das Wachstum beeinträchtigt wird.

### **3.2.2 Räumung**

Die Räumung der Vererdungsbecken erfolgt, wenn die Kapazität der Becken, nach ca. 5 - 10 Jahren Betriebszeit, erschöpft ist.

Nach einer halbjährigen Nachlagerung werden die Becken, vorzugsweise im Frühjahr, ausgeräumt. Eine Beckenräumung im Frühjahr bringt den Vorteil, dass das Schilf nach der Räumung sofort wieder antreibt. Weiters ist es während der Sommermonate leichter, den vererdeten Schlamm sofort einer Verwertung zuzuführen.

Die Räumung nichtbefahrbarer Becken erfolgt mit einem Bagger im Idealfall von beiden Beckenseiten her. Befahrbare Becken können über die Rampe bzw. nach dem Entfernen einer Wand geräumt werden. Bei Folienbecken mit einer Erdböschung ist es meist kostengünstiger eine Böschungsseite zum Räumen zu öffnen. Nach der Räumung muss die Folie wieder verschweißt und die Böschung wieder-



hergestellt werden.

Am Beckenrund wird über der Drainage eine Klärschlamm- und Rhizomschicht von rund 10 - 20 cm belassen, damit das Schilf neu austreiben kann und die Becken bereits nach kurzer Ruhepause wieder in Betrieb genommen werden können.



**Abb.12: Geräumte Vererdungsbecken (Betonbecken und Erdbecken) Restschicht von 10 - 20 cm Klärschlamm mit Schilfrhizomen verbleibt im Becken**

Es ist unbedingt erforderlich, das Material vor einer weiteren Verwertung einmal mit einem Kompostwendegerät umzusetzen, um die Schilfrhizome zu zerstören und ein neuerliches Austreiben zu verhindern.

Eine Nachlagerung des Materials in Mietenform auf einem befestigtem Platz ist nicht zwingend notwendig, bringt jedoch Vorteile im Hinblick auf eine weitere Verringerung des Wassergehaltes.

Grundsätzlich ist es erforderlich, den vererdeten Schlamm vor einer weiteren Verwertung auf seine Nährstoff- und Schadstoffkonzentrationen, die Pflanzenverträglichkeit sowie den hygienischen Zustand zu untersuchen. Basierend auf diesen Untersuchungen können mögliche Einsatzgebiete und -mengen unter Berücksichtigung der jeweils gültigen Gesetze und Verordnungen festgelegt werden.

Als Einsatzbereiche für den vererdeten Schlamm bieten sich die Rekultivierung und der Landschaftsbau, sowie die Landwirtschaft an. Die Anwendung muss allerdings unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen erfolgen.

### 3.2.3 **Wartung und Betreuung der Anlage**

Im allgemeinen ist der Wartungs- und Betreuungsaufwand bei der Klärschlammvererdung gering.

Jedoch erscheint es wichtig darauf hinzuweisen, dass die Beschickungsintensitäten und -intervalle den jeweiligen Gegebenheiten (Klima, Lage) angepasst werden müssen. Das Funktionieren der Anlage hängt stark von der Umsichtigkeit und Einsatzbereitschaft des zuständigen Klärwärters ab. Er muss auf Grund des Abtrocknungsverhaltens beurteilen können, wann und in welchen Zeitintervallen eine Beschickung durchgeführt werden kann.

Weiters sind für eine optimale Betriebsführung Aufzeichnungen über die Beschickungsmengen und den Zeitpunkt im Betriebstagebuch der jeweiligen Kläranlage zu führen (siehe auch Eigen- und Fremdkontrolle).



### 3.3 GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Eine Klärschlammvererdungsanlage ist im Regelfall Bestandteil der Kläranlage und muss mit dieser mitbewilligt werden.

Ziel sollte es sein, den im Vererdungsbecken entwässerten und teilweise mineralisierten Schlamm einer landwirtschaftlichen Verwertung zuzuführen. Daher ist es wichtig schon im Vorfeld abzuklären, ob die erwartbare Qualität des zu vererdenden Schlammes den Qualitätsnormen sowie den gesetzlichen Auflagen für eine solche Verwertung entspricht.

Folgende Gesetze bzw. Richtlinien bilden derzeit die rechtlichen Grundlagen beim Bau und Betrieb einer Klärschlammvererdungsanlage mit Schilf sowie bei der Verwertung des Schlammes:

#### EU RICHTLINIEN

- ◆ *EU Klärschlammrichtlinie 86/278 vom 12. Juni 1986 (derzeit in Überarbeitung) [25]*

Eine EU Richtlinie ist ein Regelwerk, welches auf EU Ebene erlassen wird und keine direkte Gesetzeskraft aufweist. Gekoppelt ist sie jedoch mit Fristen innerhalb derer sie in nationales Recht festgeschrieben werden muss. Die Umsetzung der EU Klärschlammrichtlinie in österreichisches Recht obliegt für den Klärschlamm in Österreich den Abfallbehörden und den für den Bodenschutz zuständigen Gremien – beides fällt in die Kompetenz der Länder [32].

#### ÖSTERREICHISCHE BUNDESGESETZE

- ◆ *Wasserrechtsgesetz (BGBl. 252/1990) [26]*  
Unter anderem ist im WRG die Ausbringungsmengen an Stickstoff auf landwirtschaftliche

Flächen begrenzt. Diese Mengenbeschränkungen gelten auch für vererdeten Klärschlamm. Zusätzlich können in Wasserschongebieten Beschränkungen enthalten sein.

- ◆ *Abfallwirtschaftsgesetz (BGBl. 325/1990) [27]*  
Relevant im Hinblick auf die Klärschlammvererdung ist hier unter anderem der gesetzliche Auftrag, wonach Verwertung soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, vor einer Entsorgung zu erfolgen hat.
  - Als Hilfestellung zur Beurteilung der Einsatzfähigkeit könnten weiters die Qualitätskriterien der *österreichischen Kompostverordnung (BGBl. Nr. 292/2001/II) [28]* herangezogen werden.
  - *Deponieverordnung (BGBl. 164(781-825)) [29]* Gemäß dieser Verordnung dürfen ab 2004 nur noch Abfälle mit einem TOC < 5% bzw. mit einem Brennwert < 6000kJ/kg deponiert werden. Dieser Wert kann durch vererdeten Klärschlamm nicht erreicht werden!
- ◆ *Forstgesetz (BGBl. 576/1987) [30]*  
Nach dem österreichischem Forstgesetz ist die Ausbringung von Klärschlamm im Wald grundsätzlich verboten!
- ◆ *Düngemittelgesetz (BGBl. 513/1994) [31]*  
Gemäß dem Düngemittelgesetz ist Klärschlamm dezidiert von dessen Geltungsbereich ausgenommen und ist demnach kein Düngemittel sondern Abfall. Er darf nicht unter der Bezeichnung Düngemittel, Bodenhilfsstoff, Kultursubstrat oder Pflanzenhilfsmittel in Verkehr gebracht werden!

*ÖWAV-Regelblatt 17 [33]*

Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm (überarbeitete Auflage 2003)  
Das Regelblatt fasst den heutigen Stand des Wis-



sens auf diesem Gebiet zusammen und stellt eine fundierte fachliche Information für den Bereich Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft dar.

### **STMK. LANDESGESETZE**

- ◆ *Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 66/1987) [34]*
- ◆ *Klärschlammverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBl. Nr. 89/1987) [35]*

Im Bodenschutzgesetz bzw. in der Klärschlammverordnung sind Aufbringungsmengen für Klärschlamm auf landwirtschaftliche Böden geregelt sowie Qualitätsanforderungen definiert und der erforderliche Untersuchungsumfang festgelegt. Eine landwirtschaftliche Verwertung des vererdeten Klärschlammes unterliegt in jedem Fall diesen beiden gesetzlichen Regulativen.

## **3.4 KONTROLLE UND ÜBERWACHUNG VON VERERDUNGSANLAGEN**

Die Praxis hat gezeigt, dass die Funktionsfähigkeit einer Klärschlammvererdungsanlage mit Schilf von fachkundiger Planung, Errichtung und Betriebsführung abhängig ist. Vor allem das Erkennen und das richtige Reagieren auf Betriebsfehler ist von entscheidender Bedeutung für den Vererdungsverlauf in den Becken und somit für die Funktionsfähigkeit der Anlage.

Aus diesem Grund wurde ein Instrumentarium zur Überwachung von Vererdungsanlagen entwickelt, das es einerseits den Betreibern selbst ermöglicht Betriebsfehler rechtzeitig zu erkennen und richtig darauf zu reagieren und das andererseits eine objektive Fremdüberwachung von Vererdungsanlagen erlaubt.

### **3.4.1 Allgemeine Sicherheitshinweise**

Bei Arbeiten in der Kläranlage bzw. bei der Klärschlammvererdungsanlage sind die allgemeinen Arbeitsschutzbestimmungen für Kläranlagen einzuhalten. Die entsprechenden Sicherheitshinweise bezüglich der einzelnen Bauteile der Kläranlage bzw. der Vererdungsanlage sind zu berücksichtigen. Hygienische Sicherheitsvorkehrungen sind bei Arbeiten in der Klärschlammvererdungsanlage aufgrund der im Abwasser und im Klärschlamm eventuell enthaltenen pathogenen Keime, Viren und Wurmeier zu treffen.

### **3.4.2 Eigenüberwachung**

Die Eigenüberwachung dient einerseits zur Abschätzung der richtigen Beschickungsintensität und -intervalle und andererseits zur laufenden Betriebskontrolle und zur Beurteilung des Vererdungsfortschrittes. Sie ist vom zuständigen Klärwärter bzw. Betreiber der Vererdungsanlage durchzuführen. Die Eigenüberwachung sollte anhand eines dem Betriebstagebuch der Kläranlage beigelegten „Eigenüberwachungsblattes“ durchgeführt werden.

Folgende Aspekte finden dabei Berücksichtigung:

- Beschreibung der Anlagenart
- Überprüfung und Wartung der maschinellen Einrichtungen der Vererdungsanlage
- Aufzeichnung der Beschickungsmengen und Zeitpunkte
- Aufzeichnungen der Witterungsbedingungen
- Beobachtung des Schilfwachstums



- Beobachtungen des Vererdungsverlaufes
- Dokumentation besonderer Vorkommnisse
- Dokumentation der Beckenräumungen

#### ◆ **Anlagenart**

Zur leichteren Überprüfung ist es notwendig eine Kurzbeschreibung der Anlage dem Eigen- und Fremdüberwachungsblatt voranzustellen. Dieser Kurzbeschreibung sollten Informationen über die Größe der Anlage, die Bauausführung (Betonbecken/Erdbecken), technische Daten (Pumpen, Zuleitungen etc.), die Art des vererdeten Klärschlammes (aerob / anaerob stabilisiert), die Inbetriebnahme bzw. Betriebsdauer der Becken und eventuell einen Lageplan enthalten.

#### ◆ **Überprüfung und Wartung der maschinellen Einrichtungen der Anlage**

Die maschinellen Einrichtungen der Klärschlammvererdungsanlage d. h. die Schlammzuleitungen, eventuell vorhandene Zuleitungspumpen und die Sickerwasserableitungen bzw. die Pumpen im Sickerwassersammelschacht müssen vom Betreiber der Klärschlammvererdungsanlage gemäß der jeweiligen Bedienungs- und Wartungsanleitung gewartet und überprüft werden. Störungen sind sofort zu beheben. Um Frostschäden zu vermeiden sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Die durchgeführten Überprüfungen und Wartungsarbeiten sind im Eigenüberwachungsblatt zu vermerken.

#### ◆ **Aufzeichnung der Beschickungsmengen- und zeitpunkte**

Für eine optimale Betriebsführung sind Aufzeichnungen über die Beschickungsmengen und Zeitpunkte notwendig. Auf diese Weise wird der Betrieb der Anlage nachvollziehbar und die mögliche Beschickungsintensität kann an die jeweiligen Gegebenheiten vor Ort angepasst werden.

Weiters ist darauf zu achten, dass die Beschickungen der Becken möglichst drucklos erfolgen, um ein Aufheben der Pflanzendecke und bereits vererdeter Schlammschichten durch „Unterspülen“ zu verhindern.

Die Flächenbelastung der Anlage muss so gewählt werden, dass der Schilfbestand noch gut wachsen kann und zeitweise eine aerobe Mineralisation stattfinden kann. Dies erreicht man durch eine an die jeweiligen Gegebenheiten angepasste Beschickungsmenge und durch das Einlegen entsprechender Ruhephasen zwischen den einzelnen Beschickungsvorgängen.

#### ◆ **Aufzeichnung der Witterungsbedingungen**

Die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Beschickungen stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Abtrocknungsverhalten des Schlammes im Vererdungsbecken. Das Abtrocknungsverhalten wird stark von Witterungseinflüssen (Regenfälle, hohe Luftfeuchtigkeit etc.) und von der Vitalität des Schilfbestandes (Transpirationsleistung) beeinflusst. Wobei natürlich die klimatischen Bedingungen Einfluss auf das Schilfwachstum nehmen.

Im Praxisbetrieb ist es zur richtigen Abschätzung der Beschickungsmengen unumgänglich auf die Witterungsbedingungen Rücksicht zu nehmen. Zur besseren Nachvollziehbarkeit ist es von Vorteil diese Wetterbeobachtungen parallel zur den Beschickungsmengen- und zeitpunkten aufzuzeichnen.

#### ◆ **Beobachtung des Schilfwachstums**

Zur Bepflanzung der Anlage wird ausschließlich Schilf (*Phragmites australis*) verwendet. Andere Wasser- bzw. Sumpfpflanzen sind zum Einsatz in der Klärschlammvererdung nicht geeignet.

Die Schilfpflanzung muss vor Inbetriebnahme der



Anlage erfolgen. In der Anfangsphase ist darauf zu achten, dass die Pflanzen genug Feuchtigkeit haben. Die Pflanzen müssen, sofern nicht sofort mit den Beschickungen begonnen wird, regelmäßig gegossen bzw. die Becken eingestaut werden.

Das Schilf spielt eine zentrale Rolle bei der Klärschlammvererdung. Nur ein gut entwickelter Schilfbestand gewährleistet das Funktionieren der Anlage. Daher muss vor allem in der sensiblen Anfangsphase, d.h. in den ersten 2 Betriebsjahren der Anlage unbedingt darauf geachtet werden, dass sich ein dichter Schilfbestand entwickelt. Die Beschickungsmengen sollten in dieser Periode daran angepasst werden.

Bei Ausfällen von Pflanzen im ersten oder zweiten Betriebsjahr sind diese nachzupflanzen.

Im Frühjahr ist darauf zu achten, dass beim Antrieb des Schilfs die Pflanzen durch die Beschickungen nicht gänzlich mit Schlamm überdeckt werden, da dadurch das Wachstum beeinträchtigt wird.

Einmal pro Jahr, vorzugsweise im Juli oder August sollte die durchschnittliche Höhe der Schilfpflanzen und die Dichte der Pflanzen (Pflanzen pro m<sup>2</sup> Vererdungsfläche) im Überwachungsblatt eingetragen werden. Wichtig hierbei ist, dass der Schilfbestand keine Lücken aufweist. Üblicherweise erreichen Schilfbestände in Vererdungsbecken eine Dichte von 100 Halme pro m<sup>2</sup> und mehr und eine Höhe von 2 - 3 m. Geringere Dichten und Halmlängen stellen kein Problem dar, soweit der Bestand nicht lückenhaft wird. Augenscheinliche Besonderheiten des Schilfbestandes wie zum Beispiel starker Schädlingsbefall, frühzeitiges Vergilben des Schilfs oder Umknicken der Schilfhalme sollten ebenso vermerkt werden.

Der im Winter abgestorbene Schilfbestand kann im Vererdungsbecken belassen werden. Einerseits hat die Schicht aus abgestorbenen Schilfhalmen eine isolierende Wirkung auf die Vererdungsschicht und

dient auch weiterhin zum Einbringen von Sauerstoff in den Wurzelbereich (Halmwirkung) und andererseits dient das abgestorbene Pflanzenmaterial als Struktur.

#### ◆ Vererdungsverlauf

Im Laufe der Betriebsjahre eines Vererdungsbeckens entsteht eine deutliche Differenzierung der Schlammschichten in zwei verschiedene Bereiche. Die älteren (unteren) Klärschlammsschichten zeigen schon nach rund 2 Jahren Betriebszeit eine braune „Erdfärbung“ und haben zum Großteil auch einen erdähnlichen Geruch. Die frischer eingebrachten Schichten in den oberen Bereichen sind meist schwarz gefärbt, haben einen höheren Wassergehalt und einen typischen Klärschlammgeruch.

Abbildung 12 macht diese Differenzierung deutlich. Vor der Beckenräumung (nach einigen Monaten Ruhephase im Becken) ist im Normalfall keine Differenzierung in den Vererdungsschichten mehr erkennbar.



**Abb.13: Beispiel für die „Zonierung“ in einem Vererdungsbecken**





Hinweise über den Vererdungsverlauf erhält man durch die Beobachtung des Abtrocknungsverhaltens nach den wöchentlichen Beschickungen. Im Regelfall trocknet die frisch eingebrachte Klärschlammschicht im Becken nach 3-4 Tagen gut ab. Meist kommt es an der eingetrockneten Oberfläche zur Rissbildung. Geruch und Farbe des eingebrachten Schlammes ändern sich. Der ursprünglich fast schwarze Schlamm mit typischem Klärschlammgeruch verwandelt sich durch Sauerstoffeinfluss und Um- bzw. Abbautätigkeiten zu einem krümeligen, hellbraun gefärbten Material mit erdähnlichem Geruch.

Grundsätzlich sollten die wöchentlichen Beschickungen in Abstimmung mit der Witterung und dem Abtrocknungsverhalten erfolgen, d.h. diese Parameter müssen vom Klärwärter bzw. Betreiber der Vererdungsanlage vor jeder Beschickung beachtet werden.

Im Sinne einer guten Nachvollziehbarkeit des Betriebes der Vererdungsanlage ist es von Vorteil während der Beschickungszeit kurze Notizen zum Abtrocknungsverhalten im Überwachungsblatt anzuführen.



**Abb.14: Vererdungsbecken kurz nach der Beschickung**



**Abb.15: In gut abgetrocknetem Zustand**

Sollte über mehrere Wochen hinweg das Abtrocknungsverhalten in den einzelnen Becken schlecht sein, ist bei den Beschickungen unbedingt darauf Rücksicht zu nehmen. Das heißt, die Beschickungsintervalle müssen verlängert bzw. die eingebrachten Klärschlammengen verringert werden. Bei sehr starker Vernässung kann eine vorübergehende Stilllegung eines der Becken (eine Vererdungsanlage sollte immer aus zwei oder mehr Becken bestehen) notwendig werden. Die Ursachen für das schlechte Abtrocknungsverhalten müssen erkannt und soweit als möglich beseitigt werden.



#### ◆ Fehler und Fehlerbehebung

	MÖGLICHE URSACHEN	MAßNAHMEN
! <b>BEWUCHS</b>	keine Bepflanzung oder lückenhafter Schilfbestand, schlechtes Schilfwachstum (geringe Dichte, Absterben des Bestandes, Überstauung der Pflanzen, etc.)	Nachpflanzungen, kurzzeitiges Einstellen oder Reduzieren der Beschickungen, Austrocknung des Wurzelbereiches verhindern
! <b>FALSCHER BESCHICKUNG</b>	zu große Beschickungsmengen bzw. zu hohe Beschickungsintensitäten, zu starker Druck bei der Beschickung	Beschickungsmengen- und intensitäten anpassen, möglichst "drucklose" Beschickung
! <b>BECKENBAU</b>	falscher Drainageaufbau, verstopfte Drainage	Behebung der Baumängel
! <b>WITTERUNG</b>	stark andauernde Regenfälle	Anpassung der Beschickungsmengen- und intensitäten

#### ◆ Besondere Vorkommnisse

Eventuell auftretende Störungen beim Betrieb der Vererdungsanlage, z.B. Ausfall von Pumpen, verstopfte Rohre, Störungen im Kläranlagenbetrieb selbst, Änderungen der Auslastung der Kläranlage bzw. Vererdungsanlage etc. sind im Überwachungsblatt zu vermerken ebenso wie gesetzte Verbesserungsmaßnahmen.

#### ◆ Aufzeichnung über Beckenräumung

Im Eigenüberwachungsblatt soll der Zeitpunkt der Beckenräumung, die Menge des vererdeten Schlammes, sowie die weitere Verwertung bzw. Behandlung vermerkt werden. Außerdem sollen die Untersuchungsbefunde des Schlammes beigelegt werden.

### 3.4.3 Fremdüberwachung

Die Fremdüberprüfung soll als Kontrollinstrument zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit und des ordnungsgemäßen Betriebes der Vererdungsanlage dienen. Die folgenden Vorschläge zur Fremdüberwa-

chung beziehen sich in ihrem gesamten Umfang auf die Kontrolle von „größeren“ Anlagen. Für Klein- und Hauskläranlagen ist die Fremdkontrolle in entsprechend reduzierter Form ebenfalls anwendbar.

Mit der Durchführung derartiger Kontrollen könnten, ähnlich wie es bei biologischen Abwasserreinigungsanlagen gehandhabt wird, sachverständige oder geeignete Anstalten und Unternehmungen beauftragt werden.

Grundsätzlich ist es erforderlich, dass die Kontrollen mit einem für den Betreiber der Vererdungsanlage vertretbaren Kostenaufwand durchgeführt werden. Fremdüberwachungen sollten gleich wie die Eigenüberwachungen anhand des Fremdüberwachungsblattes durchgeführt werden. Im Minimum sollten die Fremdüberwachungen während einer Betriebsperiode (8-10 Jahre) einer Vererdungsanlage zu drei Terminen (Erstkontrolle, nach ca. 5 Betriebsjahren und vor bzw. nach der Räumung) und bei auftretenden Betriebsstörungen durchgeführt werden.

#### ◆ Erstkontrolle

Die Erstkontrolle, die nach dem ersten Betriebsjahr



bzw. im ersten Jahr nach der Wiederinbetriebnahme der Becken nach der Räumung, durchgeführt werden sollte, ist zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit und des ordnungsgemäßen Betriebes der Anlage äußerst wichtig. Ausschlaggebend für das gute Funktionieren einer Vererdungsanlage ist das rechtzeitige Erkennen und Beseitigen von Betriebsfehlern in der sensiblen Anfangsphase, d.h. in den ersten zwei Betriebsjahren.

Die Erstüberprüfung beinhaltet folgende Punkte:

- Überprüfung der baulichen Ausstattung und maschinellen Einrichtungen der Anlage
- Beobachtung und Beurteilung der Schilfentwicklung in den Vererdungsbecken
- Auswertung des Eigenüberwachungsblattes
- Zusammenfassende Beurteilung des Zustandes und der Funktionsfähigkeit der Anlage

Im Zusammenhang mit möglicherweise auftretenden Fehlern müssen die erforderlichen Maßnahmen im Überwachungsblatt festgelegt werden und Nachkontrollen erfolgen.

◆ **Zwischenprüfung**

Die Zwischenprüfung der Anlage sollte nach einer Betriebsdauer von ca. fünf Jahren durchgeführt werden und folgende Punkte umfassen:

- Auswertung der Eigenüberwachungsblätter
- Beurteilung des Zustandes und der Funktionsfähigkeit der Anlage

Auch hier sind bei auftretenden Mängeln erforderliche Maßnahmen zu vermerken und Nachkontrollen durchzuführen.

◆ **Endprüfung**

Die Endprüfung erfolgt vor der Räumung der Vererdungsbecken.

Bei der Endüberprüfung sollten folgende Punkte

Berücksichtigung finden:

- Auswertung der Überwachungsblätter
- Beurteilung des Zustandes und der Funktionsfähigkeit der Anlage
- Probenahme und Auswertung der Analyseergebnisse zur Beurteilung der Qualität des vererdeten Schlammes. Die Probenahmen sowie Analysen und Auswertungen sind auf der Basis der jeweils aktuell gültigen Normen und Gesetze durchzuführen.
- Beurteilung der Verwertbarkeit des vererdeten Klärschlammes bzw. Aufzeigen von möglichen Verwertungs- bzw. Entsorgungsschienen.



# Pilotprojekte

Im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilungen 19A (ehem. FA IIIa) und 19D (ehem. FA Ic) unter teilweiser Co-Finanzierung durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Sektion II – Landwirtschaft) wurde

vom Joanneum Research über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren ein wissenschaftliches Begleitprogramm in Pilot- bzw. Versuchsanlagen zur Klärschlammvererdung mit Schilf durchgeführt. [2-18]

Untersuchungsprojekte	Laufzeit	Finanzierung	Auftragnehmer
Klärschlammvererdung mit Hilfe von Helophyten (Pilotanlagen Heiligenkreuz/W und Weinitzen)	1990-1993	Zweckgebundene Förderung der Technologieschwerpunkte der Bundesregierung Steiermärkische Landesregierung, FA IIIa - Wasserwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Qualität, Verwertbarkeit und mögliche gesetzliche Einordnung des Endproduktes "vererdeter Klärschlamm" (Heiligenkreuz/W)	1994-1995	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Abt. f. Wissenschaft und Forschung Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung Ic - Abfallwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Klärschlammvererdung in Großhart	1993 - 2000	Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung Ic - Abfallwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Klärschlammvererdung in Mühlen	1993 - 1997	Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung Ic - Abfallwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Leitlinien zur Planung , Bau und Betrieb von Klärschlammvererdungsanlagen mit Schilf	1998	Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung Ic - Abfallwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Instrumentarien zur Eigen- und Fremdüberwachung	2000	Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung Ic - Abfallwirtschaft	Joanneum Research, Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung
Klärschlammvererdung in Dornegg	2000-2002	Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie (ehem.FA IIIa – Wasserwirtschaft) Steiermärkische Landesregierung, Fachabteilung 19D – Abfall- und Stoffflusswirtschaft (ehem. FA Ic – Abfallwirtschaft)	Joanneum Research, Institut f. Nachhaltige Techniken und Systeme - Ökosystemtechnik  (ehem. Institut f. Umweltgeologie und Ökosystemforschung)

**Tab.1 : Überblick über die Untersuchungsprojekte**



Die für die Pilotanlagen ausgewählten Kläranlagen waren in ihrer Größe und Art repräsentativ für biologische Abwasserreinigungsanlagen in ländlichen Regionen.

	HEILIGENKREUZ/W*	WEINITZEN*	GROßHART	MÜHLEN	DORNEGG
Kläranlagentyp	Belebungsanlage	Kompaktbelebungsanlage	Belebungsanlage (System "Renner" nachgeschaltetes Pflanzenbecken)	Emscherbrunnen Pflanzenkläranlage	Dreikammerfaulgrube Pflanzenkläranlage
Anschlusswert der KA	4.000 EW	800 EW	350 EW	160 EW	80 EW
Abwasser	häuslich, Schlächtereier	häuslich	häuslich	häuslich	häuslich
Klärschlamm	aerob stabilisiert	aerob stabilisiert	aerob stabilisiert	Faulschlamm	Faulschlamm
Klärschlammmenge	ca. 700 m <sup>3</sup> /a	ca. 120 m <sup>3</sup> /a	ca. 70 m <sup>3</sup> /a	ca. 32 m <sup>3</sup> /a	
Trockensubstanzgehalt	2,8 %	3 %	3 %	3%	
Größe der Vererdungsanlage (EW)	650 EW	320 EW	350 EW	160 EW	160 EW**
Bautyp der Vererdungsanlage	Betonbecken	Betonbecken	Erdbecken	Erdbecken	Erdbecken
Vererdungsfläche	160 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>	108 m <sup>2</sup>	43,2 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>
Anzahl der Vererdungsbecken	2 Becken à 80 m <sup>2</sup>	2 Becken à 40 m <sup>2</sup>	3 Becken à 36 m <sup>2</sup>	2 Becken à 21,6 m <sup>2</sup>	1 Becken
Baujahr d. Vererdungsbecken	1990	1990	1993	1993	1999
*Vererdung ist nicht auf die Kläranlagengröße ausgerichtet **Gemeinschaftsanlage – Übernahme von Schlamm aus drei weiteren Pflanzenkläranlagen					

**Tab.2: Kenndaten der Pilotanlagen**

In den Kläranlagen Heiligenkreuz/W. und Weinitzen wurden zum Bau der Klärschlammvererdungsbecken nach Durchführung von Adaptierungsmaßnahmen die bereits bestehenden Schlamm-trockenbeete verwendet. Da die Größe der Becken bereits vorgegeben war, ist die Vererdungskapazität nicht auf die Kläranlagengröße ausgelegt, so dass während der Versuchszeit nicht der gesamte in den Anlagen anfallende Klärschlamm in die Vererdungsbecken eingebracht werden konnte.

Die Vererdungsanlagen in Großhart und Mühlen wurden aufbauend auf den Erfahrungen in Heiligenkreuz und Weinitzen gebaut und die Beckengröße an die Kapazität der Kläranlagen angepasst.

Die Vererdungsanlage Dornegg wurde als Gemein-

schaftsanlage gebaut. Zusätzlich zum Schlamm aus der Pflanzenkläranlage Dornegg (80 EW) wird Schlamm aus drei weiteren Anlagen [Ausbaugröße 30 EW, 5 EW und 40 EW] in die Vererdungsbecken eingebracht.

## 4.1 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Die Untersuchungszeiträume umfassten in Heiligenkreuz/W. und Weinitzen die Start- und Konsolidierungsphase in der Vegetationszeit des Jahres 1990 und Betriebsjahre 1991, 1992 und 1993 bzw. 1995/96 unter Praxisbedingungen. Die Pilotanlagen in Großhart und Mühlen wurden auf Basis der Erfahrungen mit den Anlagen in Heiligenkreuz/W und



Weitzen in den Jahren 1993/94 mit einer Förderung des Landes errichtet. Das Forschungsprogramm in diesen beiden Anlagen erstreckte sich über den Zeitraum 1993-2000 in Großhart bzw. von 1993-1997 in Mühlen. Das Forschungsprogramm in der Anlage Dornegg erstreckte sich von 2000-2002.

Betrieb mit aerob stabilisierten Schlämmen und anaeroben Schlämmen bzw. Fäkalschlämmen, dem Schilfwachstum- und der Entwicklung, der Beckenräumung und Verwertung des Endproduktes sowie den Möglichkeiten der Implementierung von Eigen- und Fremdüberwachungsinstrumentarien.

Die Projekte beschäftigten sich mit verfahrens- und betriebstechnischen Fragestellungen, Fragen zu Vererdungsvorgängen, Unterschiede zwischen dem

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen im Rahmen der Projekte:

<b>VERFAHRENS- UND BETRIEBSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>		
Bau und Dimensionierung		
Betrieb der Anlagen		
Beckenräumung		
Endproduktqualität und Verwertbarkeit		
Eigen- und Fremdüberwachung		
Betriebsunterschiede: aerob stabilisierter Schlamm – anaerober Schlamm bzw. Fäkalschlamm		
<b>UNTERSUCHUNGEN IM VERERDUNGSBECKEN</b>		
<b>SCHILFENTWICKLUNG</b>	<b>WASSERHAUSHALT</b>	<b>VERERDUNGSVERLAUF</b>
Phänologische und biometrische Untersuchungen Schädlinge/Schäden Transpirationsleistung	Wassergehalt Niederschläge Evapotranspiration Sickerwasser	Volumenreduktion Profildifferenzierung Chemisch-physikalische Analysen Biologische bzw. mikrobiologische Untersuchungen

*Tab.3: Übersicht über das Untersuchungsprogramm in den Pilotanlagen*



## 4.2 ANLAGENBESCHREIBUNG

### 4.2.1 Vererdungsanlage Heiligenkreuz/Waasen

In der Kläranlage Heiligenkreuz waren zwei asphaltierte Schlamm-trockenbeete mit je 80 m<sup>2</sup> Fläche vorhanden. Die Sohle war mit einem starken Gefälle ausgelegt, um das Sickerwasser in das Belebungsbecken zurückzuleiten. Eine Schlammzuleitung vom Eindicker zu den Trocknungsbeeten war ebenfalls bereits vorhanden. Die bestehenden Einrichtungen wurden zur Nutzung als Vererdungsbecken adaptiert.

Als Adaptierungsmaßnahme wurde eine Drainage mit darüber liegender Erdschicht eingebaut und die Beckenwände auf 1,7 m erhöht.

Die Erhöhung der Beckenwände erfolgte mit Holzpfosten, die in verzinkte U-Eisensäulen eingeschoben und auf die bestehenden Betonbecken aufgesetzt wurden. Um ein Aussickern des Klärschlammes zwischen den Pfosten zu verhindern, wurde die Innenseite der Holzwand mit einer Teichfolie ausgekleidet.



Abb. 16: Aufbau der Schlamm-trockenbecken in Heiligenkreuz

### 4.2.2 Vererdungsanlage Weinitzen

In der Kläranlage Weinitzen waren zwei Schlamm-trockenbecken mit je 40 m<sup>2</sup> Fläche vorhanden. Es bestand bereits eine Drainage mit Betonsteinen zur Ableitung des Sickerwassers in das Belebungsbecken, ebenso die Zuleitung für die Schlamm-beschickung. Die Beckentiefe betrug 65 cm. Die Erhöhung der Beckenwände erfolgte in gleicher Weise wie in Heiligenkreuz/W. Zum Aussetzen der Schilfpflanzen wurde über der Drainage eine Erdschicht von ca. 10 cm aufgebracht.



Abb. 17: Aufbau der Schlamm-trockenbecken in Weinitzen

### 4.2.3 Vererdungsanlage Großhart

Die Größe der Becken wurde so ausgerichtet, dass ein Betrieb von 8 - 10 Jahren möglich ist, bis sie geräumt werden müssen.

Als Berechnungsgrundlage wurde, basierend auf den Erfahrungen in den Anlagen Heiligenkreuz und Weinitzen, eine erforderliche Mindestfläche von 0,25 m<sup>2</sup> pro EW bei einer Beckenhöhe von ca. 1,5 m herangezogen. Ausgelegt auf 350 EW ergibt das eine erforderliche Fläche von 87,5 m<sup>2</sup>.

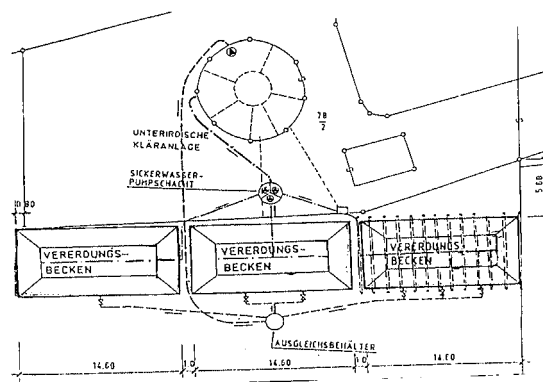


Die Becken wurden in „Erdbauweise mit Folie“ errichtet. Um eine ausreichende Reserve zu erreichen, wurden drei Becken mit je 36 m<sup>2</sup> und einer mittleren Nutztiefe von 1,7 m ausgeführt. Die Böschungen und Bodenflächen wurden mit einer Folie abgedichtet. Die Böschungflächen wurden mit einer Neigung von 3 : 2 ausgeführt. In den Becken wurde eine Flächendrainage mit 20 cm Kies 16/32 aufgebracht und in einem Becken die Schotterschicht mit Vlies abgedeckt. Auf die Schotterschicht bzw. das Vlies wurden ca. 10 cm Muttererde aufgebracht.

Das anfallende Sickerwasser wird in einem dreiteiligen Sickerwasserpumpschacht (je 1 m<sup>3</sup> Inhalt) gesammelt und in die Kläranlage mittels kleiner Tauchpumpen rückgeführt. Über ein mechanisches Zählwerk ist die genaue Erueierung der anfallenden Sickerwassermengen je Becken möglich.

Zur Beschickung wird Schlamm aus dem Schlamm-speicher mittels einer Pumpdruckeinrichtung zum Ausgleichsbehälter gepumpt. Das Fassungsvermögen dieses Behälters beträgt 2,6 m<sup>3</sup>, was der maximalen Beschickung eines Beckens entspricht. Das Vererdungsbecken wird vom Ausgleichsbehälter aus über einen Bodenablass, mittels regulierbarer Schieber und über bewegliche Schläuche beschickt. Zur Beobachtung des Niederschlagseinflusses wurde ein Becken mit einer transparenten Überdachung versehen.

Nach weitgehender Fertigstellung der Becken wurde die Bepflanzung durchgeführt. Die Schilfpflanzen wurden aus einem natürlichen Bestand am Großharter Badeteich entnommen und in Gruppen von 6 - 10 Pflanzen pro m<sup>2</sup> in die Becken gesetzt. Zur Gewährleistung eines guten Anwachsens wurden die Becken mit Wasser eingestaut (ca. 10 cm).



**Abb. 18: Lage- und Bauplan der Vererdungsbecken in Großhart**





#### 4.2.4 Vererdungsanlage Mühlen

In Mühlen wurde die Größe der Vererdungsanlage ebenso auf eine Betriebszeit von 8 - 10 Jahren ausgerichtet. Die Anlage wurde auf 160 EW ausgelegt, was bei einer Berechnungsgrundlage von 0,25 m<sup>2</sup> pro EW, bei einer Beckentiefe von 1,5 m eine Fläche von 40 m<sup>2</sup> ergibt. Errichtet wurden zwei Klärschlammvererdungsbecken in Erdbauweise, abgedichtet mit einer Folie. Die Becken haben eine Größe von je 21,6 m<sup>2</sup> und eine mittlere Nutztiefe von 1,5 m. Die Böschungsflächen wurden in der Neigung 1:1 gestaltet. In die Becken wurde eine Flächendrainage von 20 cm Kies (16/32) eingebracht und in einem wurde zusätzlich Vlies darüber gelegt. Ein anderes Becken wurde überdacht. Die Beschickung erfolgt über eine Freispiegelleitung aus dem Emscherbrunnen in die Vererdungsbecken. Pro Becken sind zwei bzw. drei Zuläufe, steuerbar über Schieber, vorhanden. Das anfallende Sickerwasser wird über einen Sickerwasserpumpschacht mit 2 x 1 m<sup>3</sup> Inhalt gesammelt und der Kläranlage mittels Tauchpumpen zurückgeführt.

Die Bepflanzung erfolgte nach weitgehender Fertigstellung der Becken. Die Schilfpflanzen wurden aus Randbereichen des Moores entnommen und in Gruppen von 6 - 10 Pflanzen pro m<sup>2</sup> in die Becken gesetzt. Zur Gewährleistung des Anwachsens wurden die Becken mit Trübwasser aus dem Emscherbrunnen eingestaut.



Abb. 19: Lageplan der Vererdungsanlage Mühlen

#### 4.2.5 Vererdungsanlage Dornegg

Die Vererdungsanlage in Dornegg ist als Gemeinschaftsanlage zur Vererdung des in den Dreikammerfaulgruben anfallenden Primärschlammes für 160 EW ausgelegt.

Zusätzlich zum Schlamm der Pflanzenkläranlage Dornegg (80 EW) [Bereich A] selbst, wird Schlamm aus zwei weiteren Anlagen (30 EW [Bereich B] und 5 EW [Bereich C] ) des Genossenschaftsbereiches Dornegg-Mitte die in unmittelbarer Umgebung liegen (maximale Entfernung 2 km) und Schlamm aus dem Bereich Dornegg-Nord (ca. 40 EW) in das Vererdungsbecken eingebracht.

Die Vererdungsanlage besteht aus einem Becken mit einer Grundfläche von 40 m<sup>2</sup> (5 x 8 m) und einer Tiefe von 1 m. Dies entspricht einer Vererdungsfläche von 0,25 m<sup>2</sup> /EW.

Das Becken ist in Betonbauweise ausgeführt. Die Drainage wurde aus 15 cm gewaschenem Kies (4/8), 10 cm gewaschenem Sand (0/4) und 5 cm Humus aufgebaut. In die Humusschicht wurde Schilf mit einer Dichte von 5 Pflanzen/m<sup>2</sup> gesetzt. An der tiefsten Stelle des Beckens befindet sich ein Kontrollschacht, aus dem die Sickerwässer zur Dreikammergrube zurückgeleitet werden. Die Beschickung des Vererdungsbeckens mit dem Schlamm aus den Dreikammergruben erfolgt mit einem Güllefass. Der Bau wurde im Jahr 1998 abgeschlossen. Die Bepflanzung und Inbetriebnahme des Beckens erfolgte im Frühjahr 1999.



Abb. 20: Vererdungsbecken Dornegg (150 EW)  
Bau der Anlage und fertiggestellte Anlage im  
Frühjahr 2000



## 4.3 UNTERSUCHUNGS- ERGEBNISSE

### 4.3.1 Verfahrens- und Betriebstechnische Untersuchungen

Die Pilotanlagen zur Klärschlammvererdung wurden in zwei verschiedenen Bauweisen errichtet.

Die Anlagen in Heiligenkreuz/Wassen und Weinitzen sowie in Dornegg wurden in „Betonbauweise“ mit entfernbaren Wänden gebaut, jene in Mühlen und Großhart in Form von „Erdbecken“ mit einer Teichfolie.

Für den Praxisbetrieb sind beide Bauweisen geeignet. Von der Kostenseite her ist es jedoch empfehlenswert, vor Baubeginn beide Varianten durchzurechnen.

Des weiteren erscheint es sinnvoll, die erforderliche Vererdungsfläche auf mehrere kleinere Becken aufzuteilen, als ein großes Becken zu bauen. Dadurch kann bei eventuell auftretenden Schwierigkeiten, wie zum Beispiel schlechtem Schilfwachstum, individuell reagiert werden, ohne dass der Betrieb zum Stillstand kommt. Auch für die Zeit der Räumung der Becken ist auf diese Weise ein ungestörter weiterer Betrieb der Anlagen möglich.

In zwei Anlagen (Großhart und Mühlen) wurde je ein Becken mit einer Überdachung versehen. Die erwarteten Vorteile einer Überdachung (früheres Anwachsen des Schilfs, besserer Abtrocknung und somit eine Verlängerung der Beschickungszeit bzw. Vergrößerung der Beschickungsmenge) haben sich nicht bestätigt.

Die Luftzirkulation innerhalb der überdachten Becken war geringer, es entwickelte sich große Hitze, einhergehend mit erhöhter Luftfeuchtigkeit, so dass

die Transpirationsleistung des Schilfs geringer wurde. Dies spiegelte sich in einem erhöhten Sickerwasseranfall aus den überdachten Becken wieder.

Ebenso wurde die Drainage in den einzelnen Becken in unterschiedlicher Weise ausgeführt. Im praktischen Betrieb und bei der Beckenräumung hat sich gezeigt, dass sich die Ausführung der Drainage mit einem Drainagevlies, am besten bewährt hat. Das Vlies wurde nicht durchwurzelt und die Drainage blieb sauber, durchlässig und funktionsfähig.

Bei Drainagen mit Sand und Schotter werden im Laufe der Betriebszeit Feinpartikel in der Filterschicht abgelagert, was zum Verstopfen der Drainage führen kann. Weiters wurden die Sand und Schotterschicht vom Schilf durchwurzelt.

Die Betondrainagesteine, wie sie in Weinitzen eingesetzt wurden, haben den Vorteil, dass sie bei einer Beckenräumung befahrbar sind. Sie sind jedoch wesentlich teurer als der Drainageaufbau mit Schotter und Vlies.

Unterschiedliche Bauweisen gab es auch bei den Beschickungsvorrichtungen. Um das Problem der „Unterspülung“ der schon eingebrachten Klärschlammschichten und ein Aufheben der Durchwurzelungszone zu vermeiden, ist es unbedingt notwendig, die Beschickung drucklos durchzuführen. Am Besten hat sich die Beschickungsvorrichtung von Großhart, Mühlen und Dornegg bewährt, wo die Beschickungen im freien Gefälle mittels regulierbarer Schieber, über frei im Becken liegende bewegliche Schläuche erfolgte.

Diese Art der Beschickung gewährleistet außerdem das gleichmäßige Verteilen des eingebrachten Schlammes über die gesamte Vererdungsfläche.



**Abb. 21: Austestung verschiedener Beschickungsvorrichtungen**

Bei Testläufen mit verschiedenen Beschickungsmengen hat sich gezeigt, dass beim Betrieb der Anlagen mit aerob stabilisiertem Schlamm bei einer Flächenbelastung zwischen 4 und 5 EW/m<sup>2</sup>/a bzw. 60 - 70 kg TS/m<sup>2</sup>/a die Vererdung gut voranschreitet und keine Schädigungen des Schilfbestandes entstehen.

Bei der Verwendung von anaeroben Schlämmen bzw. Faulschlämmen erwies sich diese Belastung als zu hoch, was sich im Schilfwachstum und im Abtrocknungsverhalten niederschlug. Für den Praxisbetrieb wird auf Basis der durchgeführten Untersuchungen eine durchschnittliche Flächenbelastung entsprechend 2 EW/m<sup>2</sup> empfohlen.

Für den Praxisbetrieb hat sich sowohl bei Anlagen mit aerob stabilisiertem Schlamm als auch bei Anlagen mit anaerobem Schlamm ein ein- bis zweiwöchiges Beschickungsintervall mit einer maximalen Beschickungshöhe von 10 - 20 cm bewährt.

Die Beschickungen erfolgten in allen untersuchten Pilotanlagen grundsätzlich nur während der Sommermonate. Begonnen wurde mit den Beschickungen nach dem Antreiben des Schilfs im April bzw. Mai und beendet wurden sie nach dem Eintreten erster Fröste im Oktober oder November. Für die Speicherung des anfallenden Schlammes über die Wintermonate war in allen Anlagen ein entsprechend dimensionierter Schlammspeicher vorhanden.

Die Räumung wurde in der Anlage in Heiligenkreuz/Wassen (Betonbecken) nach fünfjährigem Betrieb bzw. in der Anlage Großhart (Folienbecken) nach sechsjährigem Betrieb durchgeführt. Vor der Räumung wurde des Becken der Anlage Heiligenkreuz/Wassen 12 Monate stillgelegt, jenes in Großhart 6 Monate.

In beiden Fällen erfolgte die Räumung mit einem Löffelbagger vom Beckenrand aus. Zur Durchführung der Räumung des Betonbeckens in Heiligenkreuz/Wassen wurde eine Seite der mobilen Holzwand entfernt. Beim Erdbecken in Großhart wurden die Folienwände des Beckens in keiner Weise beschädigt. Die Räumung selbst erfolgte problemlos. Das Material war sehr gut räum- und transportfähig. Im Profil zeigte sich eine durchgehend braune Färbung und krümelige Struktur mit „typischem“ Erdgeruch.

Das Material wurde mit einem Muldenkipper abtransportiert, im Kläranlagengelände auf einer Strohhunterlage in Mietenform aufgeschüttet und mit einem Kompostvlies abgedeckt. Vor der weiteren Verwertung wurde das Material mit einem Kompostwendegerät umgesetzt, um austriebsfähige Schilfrhizome zu zerstören.

In beiden Anlagen wurde am Beckengrund über der noch gut funktionierenden und „rein“ gebliebenen Drainage eine Klärschlamm- und Rhizomschicht von rund 10-20 cm belassen. Das Schilf trieb sofort neu aus, und die Becken konnten bereits nach einmonatiger Pause wieder in Betrieb genommen



werden. Das entnommene Material wurde mit einem Kompostwendergerät umgesetzt, auf dem Kläranlagengelände zwischengelagert bzw. innerhalb der Gemeinde zu Rekultivierungszwecken weiterverwendet.



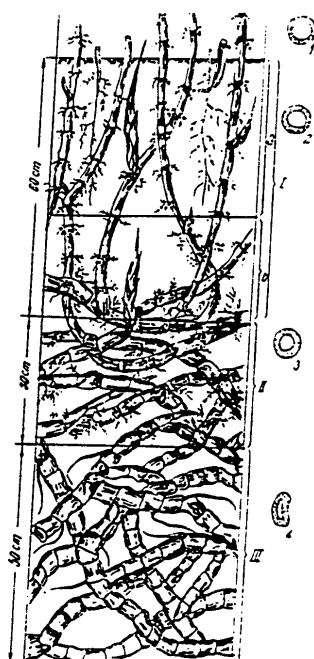
**Abb. 22: Beckenräumung**

## 4.3.2 Untersuchungen zum Vererdungsprozess

### 4.3.2.1 Wirkungsmechanismen im Vererdungsbecken

Die Wirkungsmechanismen in einem Vererdungsbecken sind sehr komplex und ergeben sich aus dem Zusammenwirken von Schilf, Mikroorganismen, Klärschlamm und Filtermaterial. Die Schlüsselfunktionen dazu stellen die direkten und indirekten Funktionen des Schilfs dar. Zusammengefasst ergaben die Untersuchungen in den Pilotanlagen folgendes Bild im Bezug auf die Wirkungsmechanismen in einem Vererdungsbecken.

Die gute Durchwurzelung des gesamten Klärschlammkörpers ermöglicht einerseits einen Wasserentzug durch die Wurzeln, auch aus unteren Klärschlammschichten. Andererseits lockern die Wurzeln die Klärschlammschichten auf und halten die Poren offen. Dadurch wird nicht nur eine bessere Entwässerung, sondern auch eine verbesserte Sauerstoffversorgung und erhöhte Filterwirkung möglich. Weiters erfolgt durch die Wurzeln selbst eine Abgabe von Sauerstoff über das Interzellularsystem von jungen Rhizom- und Adventivwurzeln, was zu aeroben Verhältnissen im unmittelbaren Wurzelbereich führt. Diese Bedingungen bieten vielen Mikroorganismen Lebensraum und begünstigen aerobe Abbauvorgänge. Ein weiterer Sauerstoffeintrag und eine zusätzliche Entwässerung erfolgt durch die, auf Halmbewegungen, beruhende Rissbildung im Klärschlamm. Durch den Bestandesabfall des Schilfs erfolgt ein zusätzlicher Eintrag von abbaubarer organischer Masse in den Klärschlamm, die den Klärschlamm zusätzlich strukturiert und zur „stofflichen Stabilisierung“ beiträgt. Außerdem ist die isolierende Wirkung des Bestandesabfalles im Winter, und die Sauerstoffversorgung über die abgestorbenen Halme in der Vegetationsruhezeit ein nicht vernachlässigbarer Effekt.



*Abb. 23: Durchwurzelung der eingebrachten Klärschlammschichten*

#### 4.3.2.2 Schilfentwicklung

Im Vererdungsbecken aller untersuchten Anlagen die mit aerob stabilisiertem Schlamm beschickt wurden, entwickelten sich während der Untersuchungsperioden hochproduktive Schilfbestände. Die Schilfbestände in den Vererdungsbecken die mit Faulschlamm beschickt wurden zeigten anfänglich Anwuchsschwierigkeiten, die durch Nachpflanzungen kompensiert wurden.

Profilgrabungen zeigten, dass auch in den untersten Klärschlammschichten ein mächtiger Rhizomkörper ausgebildet war, so dass die Voraussetzung für einen Wasserentzug und Sauerstoffeintrag über die Wurzeln in allen Bereichen der Klärschlammbecken, auch in den untersten Zonen in jedem Fall gegeben war.

In allen Untersuchungsjahren wurden die Schilfbestände in den Vererdungsbecken sehr stark von der Blattlaus (*Hyalopterus prunii*) befallen. Vereinzelt wurde der Befall der oberen Halmregionen mit Insektenlarven festgestellt, was zum Teil die Ährenbildung beeinträchtigte. Ebenso wurden einzelne Blätter von einem Rostpilz (*Puccinia phragmitis*) befallen. Für die Entwicklung eines geschlossenen Schilfbestandes in den Vererdungsbecken war jedoch weder der Schädlings- noch der Pilzbefall von Bedeutung.



*Abb. 24: Schilfbestand in Vererdungsbecken*



### 4.3.2.3 Wasserbilanzierung

Der in die Becken eingebrachte Klärschlamm zeigte einen Wassergehalt von durchschnittlich 96-98 %. Während der Untersuchungsperioden konnte eine deutliche Verringerung des Gesamtwassergehaltes erreicht werden. Der Trockensubstanzgehalt bei der Räumung des Beckens in Heiligenkreuz/Wassen sowie in Großhart entsprach mit durchschnittlich 24 % schon annähernd den Werten, die durch herkömmliches Pressen erreicht werden können. Material mit diesem Trockensubstanzanteil ist bereits gut lager- und transportfähig. Durch Nachlagerung wurde der

Trockensubstanzgehalt weiter auf 41 % erhöht.

Orientierende Messungen zur Transpiration des Schilfs ergaben eine Transpirationsleistung von 10 - 16 mm/m<sup>2</sup>/Tag bzw. 19,8 - 21 mg/m<sup>2</sup> Blattfläche/min. Aufgerechnet auf die gesamte Vererdungsfläche wurden pro Messtag zwischen 1,7 und 2 m<sup>3</sup> Wasser vom Schilf transpiriert. Diese Werte stellen sicherlich „Spitzenwerte“ dar, die nur bei optimalen Bedingungen, wie hoher Temperatur, geringer Luftfeuchte und guter Bestandesentwicklung erreicht werden können.

	mg H <sub>2</sub> O/ dm <sup>2</sup> Blattfl./min (bez. auf doppelte Blattfl.)	mm Transpiration/d/m <sup>2</sup> Bodenfläche	im ges. Bestand (160 m <sup>2</sup> )/d
08. 07. 1992	14,15 mg/dm <sup>2</sup> /min	10,91 mm/d/m <sup>2</sup>	1,7 m <sup>3</sup>
18. 08. 1992	19,87 mg/dm <sup>2</sup> /min	15,11 mm/d/m <sup>2</sup>	2,4 m <sup>3</sup>
19. 08. 1992	21,18 mg/dm <sup>2</sup> /min	16,18 mm/d/m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>3</sup>
20. 08. 1992	16,07 mg/dm <sup>2</sup> /min	12,27 mm/d/m <sup>2</sup>	2,0 m <sup>3</sup>

Tab.4: Ergebnisse der Transpirationmessungen im Juli bzw. August 1992

Aus den durchgeführten Wasserbilanzierungen errechnete sich eine mittlere Evapotranspiration während des Beschickungszeitraumes von durchschnittlich 130 Tagen pro Jahr von 3,9 mm/m<sup>2</sup>/Tag. Umgelegt auf das ganze Jahr entspricht das 1,4 mm/m<sup>2</sup>/d. Der Anteil der Evapotranspiration am gesamten Wasserentzug des Klärschlammes betrug rund 25 %.

Das Schilf ist in der Lage über die Wurzeln Wasser aktiv auch aus tieferen Schichten aufzunehmen.

In unbepflanzten Becken fehlt nicht nur die Transpirationsleistung der Pflanzen, sondern es kann zudem auf Grund des geringen kapillaren Aufstiegs nur Wasser aus den obersten Schichten des sedimentierten Klärschlammes verdunsten. Eine Entwässerung der unteren Schichten eines sedimentierten Klärschlammes ist somit nur in bepflanzten Vererdungsbecken möglich. Es zeigt sich hier deutlich, welche wichtige Rolle ein gut entwickelter Schilfbestand in den Klärschlammvererdungsbecken bei der Entwässerung der Schlämme spielt.

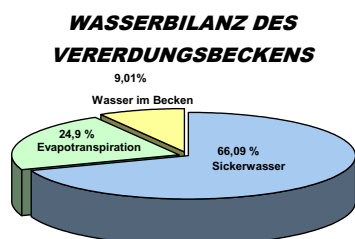


Abb.25: Wasserbilanz der Vererdungsbecken in Heiligenkreuz

### 4.3.2.4 Sickerwasseruntersuchungen

Zur Beurteilung der Rückbelastung der Kläranlagen wurde das anfallende Sickerwasser quantitativ und



qualitativ analysiert.

Untersuchungen zur Sickerwasserbelastung in den mit aerob stabilisierten Schlämmen betriebenen Anlagen ergaben, dass die Rückbelastung der Kläranlage durch das anfallende Sickerwasser aus der Vererdung im Vergleich zur Grundbelastung der Anlage sehr gering ist. Die durchschnittlichen Zulaufmengen bezogen auf die Parameter CSB und BSB<sub>5</sub>

lagen im Mittel unter einem Einwohnergleichwert. Der mittlere Sickerwasseranfall betrug im Mittel während der Betriebszeit 0,4 m<sup>3</sup>/d. Wobei mit einer Stoßbelastung am ersten Tag der Beschickung von maximal 50 % der gesamten Sickerwassermenge zu rechnen ist. Insgesamt kann von einem Sickerwasserrückfluss von 70 % der Beschickungsmenge ausgegangen werden.

	Mittelwerte			Maximumwerte	Minimumwerte
	Becken I	Becken II	Becken III		
CSB kg/d	0,18	0,13	0,12	0,32	0,03
<b>EW (100g/E.d)</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>3,2</b>	<b>0,3</b>
BSB <sub>5</sub> kg/d	0,08	0,05	0,04	0,16	0,003
<b>EW (60g/E.d)</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>2,8</b>	<b>0,05</b>
TOC kg/d	0,056	0,055	0,047	0,12	0,008
NH <sub>4</sub> -N kg/d	0,076	0,009	0,024	0,13	0,003
PO <sub>4</sub> -P kg/d	0,073	0,062	0,056	0,192	0,025

**Tab.5: Berechnung der „Stoßbelastung“ der Anlage Großhart nach der Beschickung eines Beckens mit 2,6 m<sup>3</sup> Klärschlamm - Zur Berechnung herangezogen wurden dabei Extremwerte und zwar die jeweils höchsten gemessenen Analysewerte im Sickerwasser der drei Becken.**

Ein etwas anderes Bild zeigte sich bei der Untersuchung des Sickerwassers aus der Anlage Dornegg, die mit Faulschlamm betrieben wurde. Die „Qualität“ des Sickerwassers bezogen auf CSB bzw. BSB<sub>5</sub> ist vergleichbar mit Rohabwasser.

Die Belastungen des Sickerwassers aus den Vererdungsbecken mit fäkalkoliformen Keimen ist gleich jener eines durchschnittlichen Abwassers aus kommunalen Anlagen nach einer mechanischen und biologischen Reinigung. Die „Mehr“-Belastung der Kläranlage mit Fäkalkeimen durch die Rückführung des Sickerwassers ist vernachlässigbar.

Bei der Auslegung bzw. Planung einer Vererdungsanlage bzw. einer Kläranlage mit Vererdung ist daher immer die Rückbelastung der Kläranlage durch das anfallende Sickerwasser mit zu berücksichtigen. Dies trifft insbesondere zu, wenn die Vererdungs-

anlage als Gemeinschaftsanlage, wie im Fall von Dornegg, betrieben wird.



**Abb. 26: Messeinrichtungen für quantitative und qualitative Sickerwasseranalyse in der Anlage Dornegg**



#### 4.3.2.5 Volumenreduzierung im Vererdungsbecken

Das Volumen des in die Klärschlammbecken eingebrachten Klärschlammes verringerte sich in den Vererdungsbecken während des Untersuchungs-

zeitraumes um 85 % gegenüber dem Volumen des frisch eingebrachten Schlammes. Neben der Volumensminderung auf Grund von Wasserabgabe und dem Abbau organischer Substanz resultiert die Reduktion aus einer Verringerung des Porenvolumens und Vergrößerung der Lagerungsdichte.

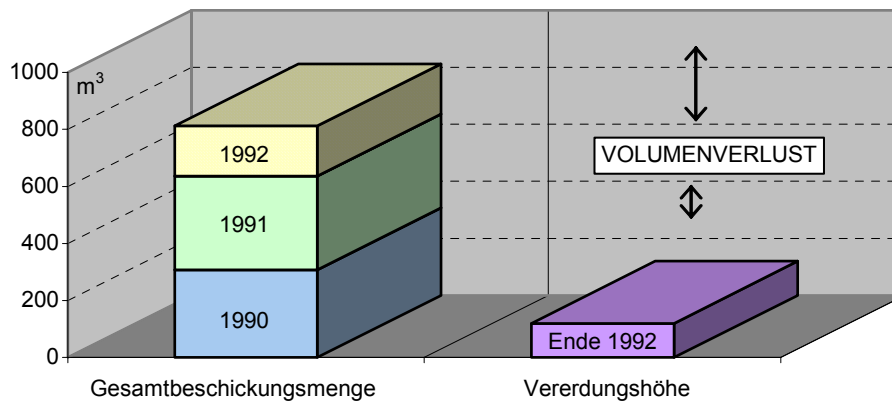


Abb.27: Volumensverringerng im Klärschlammbecken in Heiligenkreuz/Wassen

#### 4.3.2.6 Profildifferenzierung im Klärschlammbecken

Die im Laufe der Untersuchungsperioden gegrabenen Profile zeigten anfangs eine deutliche Differenzierung in zwei verschiedene Klärschlammsschichten. Die älteren, gut durchwurzelten Zonen zeigten eine braune „Erdfärbung“, hier herrschte ein aerobes Milieu vor. Die braune Färbung resultiert großteils aus der Oxidation von Eisen II zu Eisen III. Die frisch eingebrachten oberen Schichten und Bereiche mit schlechter Durchwurzelung waren schwarz gefärbt mit typischem Klärschlammgeruch und anaerobem Milieu. Die schwarze Färbung entsteht durch Eisen- und Manganansammlungen, die während kurzer Überstauungsphasen mobilisiert werden und beim neuerlichen Beschicken an Oxidationsherden ausfallen. Grabungen kurz vor der Beckenräumung zeigten keine deutliche Differenzierung zwischen den beiden Vererdungsschichten mehr. Es war ein durchgehend brauner „Humuskörper“ mit nur vereinzelt schwarz gefärbten Zonen vorhanden.



Abb. 28: Zonierung der Klärschlammsschichten





#### 4.3.2.7 PH-Wert, Redoxpotential und Temperaturbedingungen

Im Frühjahr herrschte in den Becken ein leicht saures Milieu vor (durchschnittlicher pH=6,8). Im Verlauf des Sommers verschob sich der PH-Wert in den leicht alkalischen Bereich (durchschnittlich pH=7,5). Aus den Profiluntersuchungen wurde ersichtlich, dass der pH-Wert von oben nach unten zunahm. In den unteren Bereichen herrschte ein alkalisches Milieu vor. Der höchste pH-Wert fand sich in 70-80 cm Tiefe.

Die Messungen der Redoxpotentiale in den Becken lassen darauf schließen, dass sowohl in den oberen als auch in den unteren Bereichen der Vererdungsbecken Sauerstoff vorhanden ist.

Auf Grund der gemessenen Temperaturbedingungen im Klärschlammbecken kann man davon ausgehen, dass bereits im März mikrobiologische Abbauvorgänge stattfinden, die bis in den Sommer ihr Maximum erreichen und sich dann, in geringerem Ausmaß, bis Ende Oktober fortsetzen.

*Tab.6 : Endproduktqualität des vererdeten Klärschlammes bei der Räumung der Anlage Heiligenkreuz / Waasen im Jahre 1995*

Organische Substanz		Physikalische Eigenschaften	
Glühverlust	41,8 % TS	Wassergehalt	76,1 %
organ. Gesamt-Kohlenstoff	24,27 % TS	Trockensubstanzgehalt	23,86%
abbaubare org. Substanz	27,9 % TS	pH-Wert	6,2
		Dichte	1,2068
Nährstoffe			
Stickstoff ges.	2,44 % TS	Calcium ges.	2,39 % TS
Nitrat- Stickstoff	0,03 % TS	Magnesium ges.	0,53 % TS
Ammonium- Stickstoff	0,07 % TS	Natrium	0,7 % TS
Phosphat ges.	3,81 % TS	Eisen	25000 mg/kg TS
Phosphat verf.	0,10 % TS	Mangan	1080 mg/kg TS
Kalium ges.	0,3 % TS	Bor, heißwasserlöslich	13,1 mg/kg TS
Kalium verf.	0,1 % TS		

#### 4.3.2.8 Organische Substanz und Nährstoffe

Die organische Substanz des vererdeten Schlammes zeigte gegenüber dem Gehalt des frisch eingebrachten Schlammes keine Verringerung. Die Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass zwar die Mineralisation des Klärschlammes in den Vererdungsbecken gefördert wird, jedoch kaum ein vollständiger Abbau der organischen Substanz zu erwarten ist, zumal in die Becken gegen Ende der Vegetationsperiode durch das Absterben der oberirdischen Sprosse eine erhebliche Menge an organischer Substanz wieder eingebracht wird.

Untersuchungen der Nährstoffe (organischer Gesamtstickstoff, Nitrat, Ammonium sowie Kali, Kalzium, Magnesium und Natrium) zeigten im zeitlichen Verlauf keine signifikanten Konzentrationsänderungen. Beim Vergleich mit den mittleren Nährstoffgehalten des eingebrachten Schlammes zeigten sich geringfügige Verringerungen, was mit einem Ausschwemmen der Nährstoffe durch das Sickerwasser erklärbar ist. Beim Phosphor zeigte sich, insbesondere bei der Anlage in Großhart eine Aufkonzentrierung in den Schlammbecken. Basierend auf dem vorhandenen Datenmaterial ist anzunehmen, dass ein ständiger Wechsel zwischen Festlegung und Rücklösungsvorgängen von Phosphor in den Vererdungsbecken stattfindet.



Der Nährstoffgehalt des vererdeten Schlammes ist durchaus mit dem Gehalt von Wirtschaftsdüngern vergleichbar. Auffallend gering ist nur der Kaliumgehalt bedingt durch den geringen Kaliumeintrag über den Klärschlamm. Ansonsten liegt der Nährstoffgehalt, mit Ausnahme des Stickstoffs, der relativ hoch ist, in ähnlicher Größenordnung wie man ihn auch bei Biomüllkompost findet.

#### 4.3.2.9 Schwermetalle

Statistische Auswertungen der Schwermetallanalysen zeigten im zeitlichen Verlauf keine signifikante

Aufkonzentrierung der Schwermetallwerte in den Vererdungsbecken.

Eine Ausnahme zeigte sich hier in der Pilotanlage Heiligenkreuz/Wassen in welcher eine minimale Tendenz zur Aufkonzentrierung von Schwermetallen in den Becken, durch den Abbau der organischen Substanz und die Entwässerung zu verzeichnen war.

In allen Versuchsanlagen waren Schwermetallkonzentrationen des Schlammes unter den derzeit gültigen Grenzwerten für eine landwirtschaftliche Verwertung.

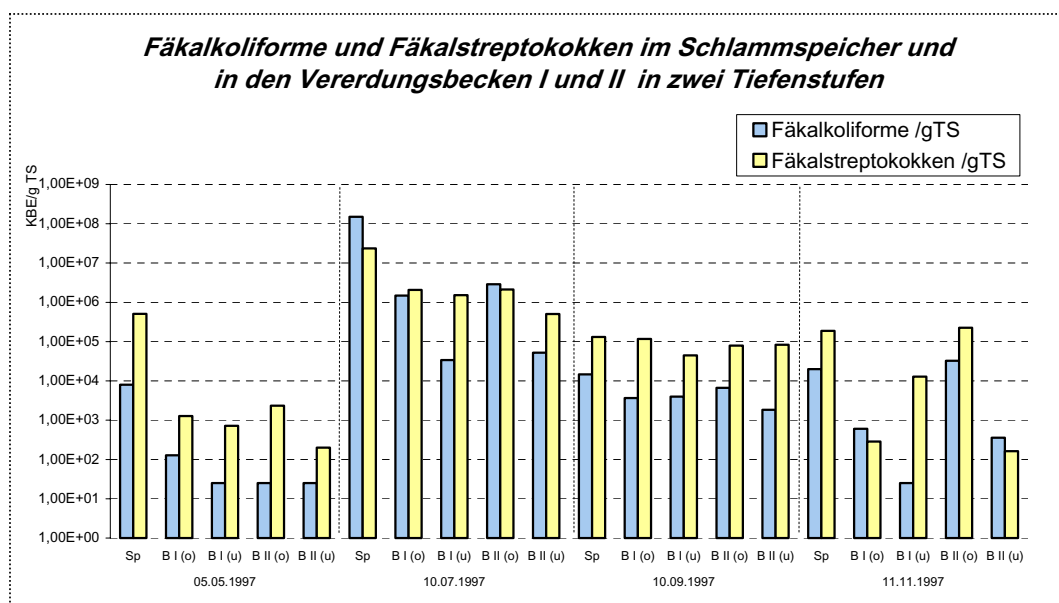
mg/kg TM	Endprodukt Heiligenkreuz	Endprodukt Großhart	Stmk. Ksv	Österreichische Kompostverordnung	
				Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Kompost	Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Qualitätsklärschlammkompost
<b>Chrom</b>	54,9	49,1	500	300	70
<b>Nickel</b>	31,4	36,8	100	100	60
<b>Kupfer</b>	137	459	500	500	300
<b>Zink</b>	1240	1850	2000	2000	1200
<b>Cadmium</b>	1,2	1,75	10	3	2
<b>Quecksilber</b>	2,73	1,35	10	5	2
<b>Blei</b>	48,0	38,1	500	200	100
<b>Kobalt</b>	9,93	6,13	100	--	--
<b>Molybdän</b>	8,07	6,40	20	--	--

Tab.7 : Schwermetallgehalt im vererdeten Klärschlamm und Grenzwerte nach Steiermärkischer Klärschlammverordnung und Österreichischer Kompostverordnung

#### 4.3.2.10 Hygienisch - bakteriologische Untersuchungen

Zur Beurteilung des hygienischen Zustandes des Schlammes wurden in allen Versuchsanlagen seuchenhygienische Untersuchungen durchgeführt, die nach der Steiermärkischen Klärschlammverordnung [35] und nach der ÖNORM S 2200 [36] „seuchenhygienische Unbedenklichkeit“ ergaben.

Die hygienisierende Wirkung ist auf den Vererdungsprozess und auf die lange Aufenthaltszeit im Becken zurückzuführen. In den Vererdungsbecken zeigt sich im zeitlichen Verlauf ein Konzentrationsgradient der Keimzahlen von den oberen, relativ jungen Vererdungsschichten zu den unteren, älteren Schichten um ein bis zwei Zehnerpotenzen.



**Abb. 29: Hygienische Untersuchungen in der Anlage Großhart - Konzentrationen von Fäkalkoliformen und Fäkalstreptokokken im Schlamm Speicher und in den Vererdungsbecken**

In Großhart wurden weitere Untersuchungen zur Beobachtung der Inaktivierung obligater Fäkalkeime durchgeführt. Dazu wurden die Beschickungen eines Beckens eingestellt. Untersucht wurde zuerst der Keimgehalt vor der letzten Beschickung und der in die Becken eingebrachte Schlamm aus dem Speicher. Danach wurden in wöchentlichen bzw. 2-wöchigen Intervallen an fünf definierten Stellen im Becken Proben gezogen und analysiert sowie einer statistischen Auswertung unterzogen.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann im zeitlichen Verlauf von einer Keimzahlreduktion um eine Zehnerpotenz, unabhängig von der Ausgangsbelastung des Schlammes, bei einer Nachlagerung von ca. einem Monat ausgegangen werden. Eine Nachlagerungsphase des vererde-

ten Schlammes vor der weiteren Verwertung von 1/2 - 1 Jahr, wie es derzeit in der Praxis bereits üblich ist, ist bei Fäkalkeimbelastungen wie sie bei den vorliegenden Untersuchungen gefunden wurden durchaus ausreichend. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch bei seuchenhygienischen Untersuchungen anderer Vererdungsanlagen erzielt.

Die Klärschlammwässerung und -stabilisierung in Schilfbeckern stellt somit ein geeignetes Verfahren dar um eine seuchenhygienische Unbedenklichkeit im Sinn der Steiermärkischen Klärschlammverordnung zu erreichen.

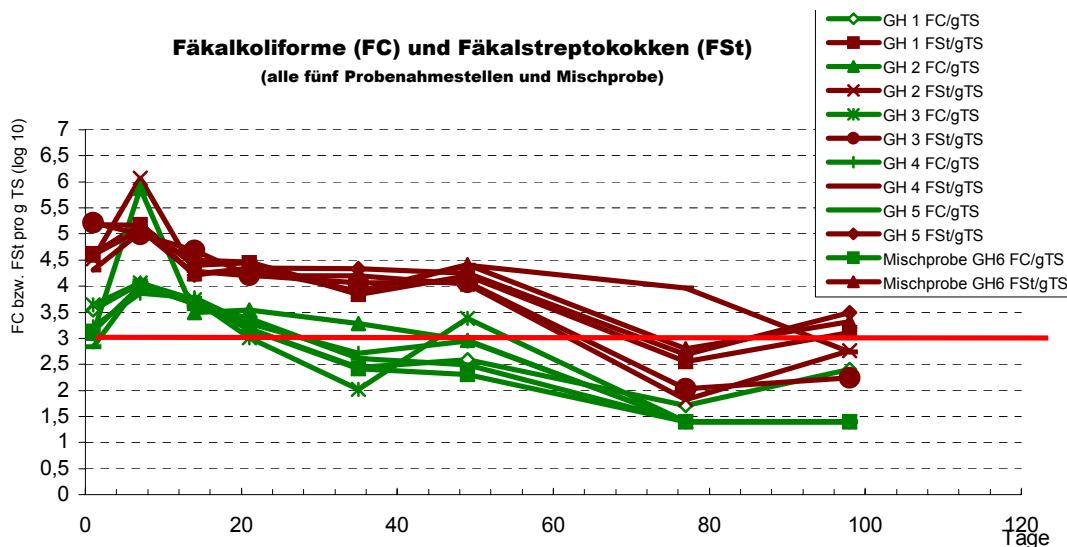


Abb. 30: Fäkalkoliforme und Fäkalstreptokokken im zeitlichen Verlauf - (die Linie im Diagramm zeigt nach wie vielen Tagen Lagerdauer die Keimkonzentrationen unter dem für fäkalkoliforme üblichen Grenzbereich liegt.)

#### 4.3.2.11 Tiergruppenszusammensetzung

Die Form der Tiergruppenszusammensetzung im vererdeten Schlamm zeigte, dass sich im zeitlichen Verlauf ein Übergang von reinen Schlammorganismen hin zu Organismen, die in humusreichen und durchlüfteten Böden vorkommen entwickelte. Das Tiergruppenspektrum zeigte ein vermehrtes Auftreten von Milben, insbesondere Gamasinen (Raubmilben), Collembolen (Springschwänze) und Dipterenlarven (Fliegenlarven), vor allem Psychodidae (Schmetterlingsmücken) und Syrphidae (Schwebfliegen). Das Vorkommen der Vertreter der Syrphidae, die saprophage Mulm-, Detritus- und Schlammfresser sind, und der Psychodidae, die sich an zeitweilige sauerstoffarme Lebensräume anpassen können und in Jauche aber auch in Stapelmist und in der Kompostfauna vorkommen, weist auf einen sehr feuchten nährstoffreichen schlammigen Lebensraum hin. Im Gegensatz dazu läßt das verstärkte Vorkommen der Gamasinen und Collembolen

bereits auf ein krümeliges, gut sauerstoffversorgtes, nährstoffreiches Milieu schließen.

#### 4.3.2.12 Pflanzenverträglichkeit

Das Endprodukt ist ein krümeliges, hellbraungefärbtes Material mit typischem Erdgeruch das sehr gut lager- und transportfähig ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen des vererdeten Schlammes aus allen Pilotanlagen entsprachen sowohl in Bezug auf Pflanzenverträglichkeit (Kressetest) als auch auf alle anderen Qualitätsparameter den Anforderungen derzeitigen gesetzlichen bzw. normativen Anforderungen für eine Verwertung in der Landwirtschaft bzw. zu Rekultivierungs- und landschaftsbaulichen Anwendungen.

Der in den Anlagen Heiligenkreuz/W und Großhart geräumte Klärschlamm wurde nach kurzer Nachlagerung zu Rekultivierungszwecken in der jeweiligen Gemeinde eingesetzt.



*Abb. 31 : Endprodukt - vererdeter Klärschlamm – Pflanzenverträglichkeitstest mit Kresse*



# Anlagenevaluierung

## 5.1 ERFASSUNG UND BESCHREIBUNG BESTEHENDER ANLAGEN

Insgesamt wurden in der Steiermark 50 Klärschlammvererdungsanlagen mit Schilf für Anschlussgrößen über 50 EW erhoben. Rund 83 % dieser Anlagen haben Anschlussgrößen bis zu 500 EW und nur 7 % der Anlagen haben eine Größe über 1.000 EW. Wobei derzeit die Anlage in Wies/Eibswald die größte Anlage in der Steiermark mit einem Anschlusswert von 5.000 EW ist. Die überhaupt größte Anlage in Österreich ist jene im Mölltal mit einem Anschlusswert von 15.000 EW.

Weiters sind zur Zeit ca. 10-15 Anlagen für Kläranlagen zwischen 30 und 50 EW in Betrieb sowie 5-10 Anlagen für Kläranlagen unter 30 EW. Diese Anlagen werden teilweise mit Fäkal- bzw. Faulschlamm aus Vorklärgruben von Pflanzenkläranlagen betrieben.

Der überwiegende Teil der erhobenen Anlagen wird mit aerob stabilisiertem Schlamm und nur während der Sommermonate betrieben. Einzige Anlagen mit Winterbetrieb sind zurzeit jene im Mölltal sowie in Wies.

Der weitaus größte Teil der Anlagen ist in Form von Folienbecken mit einer Dimensionierung von 0,25 m<sup>2</sup>/EW gebaut.

Die Praxiserhebung ergab, dass beim Bau als auch beim Betrieb der Anlagen kaum Probleme oder Schwierigkeiten auftraten. In einigen wenigen Fällen wurden folgende Problembereiche, die auf Planungs- bzw. Beratungsmängel zurückgeführt werden können, genannt.

- ◆ Probleme mit Schilfantrieb bzw. Schilfbepflanzung
- ◆ Unwissenheit über Beschickungsintervalle bzw. -intensität

- ◆ und damit zusammenhängend bzw. aus oben genannten Punkten resultierend - schlechtes Abtrocknungsverhalten

Eine Auflistung der erhobenen Klärschlammvererdungsanlagen befindet sich im Anhang. Nachfolgend sind beispielhaft repräsentative Anlagen herausgegriffen.

### BEISPIELE FÜR KLÄRSCHLAMMVERERDUNGSANLAGEN IN DER STEIERMARK

- ◆ Wolfsberg im Schwarzautal - 1750 EW, Folienbecken, Sommerbetrieb

Die Anlage ist für 1750 EW ausgelegt, besteht aus 2 Folienbecken (Auslegung 4 EW/m<sup>2</sup>) und wurde 2002/03 gebaut und in Betrieb genommen. Der Betrieb der Becken erfolgt mit aerob stabilisiertem Schlamm während der Sommermonate. Für den Winter ist ein ausreichend dimensionierter Schlamm Speicher vorhanden.



**Abb. 32 : Anlage in Wolfsberg i. Schwarzautal, noch unbepflanzt**

- ◆ Etmühl - 600 EW, Betonbecken, Sommerbetrieb

Die Anlage ist für aerob stabilisiertem Schlamm von 600 EW ausgelegt und besteht aus vier Betonbecken. Bemessungsgrundlage war wiederum 4 EW/m<sup>2</sup>. Die Anlage ist auf Sommerbetrieb ausgerichtet – ein Schlamm Speicherbecken ist in der Kläranlage



vorhanden.



**Abb. 33 : Klärschlammvererdungsanlage Etmühl**

- ◆ Langegg - Hirtenfeld - Gemeinschaftsanlage f. 10 PKA's, Folienbecken

Ein Spezifikum stellt die Anlage Langegg-Hirtenfeld dar. Sie ist als Gemeinschaftsanlage für die Vererdung von Schlamm aus mehreren Kleinkläranlagen konzipiert. Insgesamt ist sie auf 300 EW ausgelegt. Es wird Primärschlamm aus 10 verschiedenen Pflanzenkläranlagen (Ausbaugröße zwischen 4 und 40 EW) vererdet.

Zur Reinigung der anfallenden Sickerwässer wurde eigens ein bepflanzter Bodenfilter errichtet, in welchem ausschließlich das Wasser aus der Vererdung gereinigt wird. Dieser Bodenfilter (ausgelegt für einen Sickerwasseranfall entsprechend 10 EW) wird vertikal durchströmt und intermittierend beschickt.

Die Vererdungsanlage besteht aus zwei Folienbecken mit je 50 m<sup>2</sup> Vererdungsfläche. Als Bemesungsgrundlage wurde ein Platzbedarf von 0,25 m<sup>2</sup> pro EW herangezogen, der mittels Güllefass in die Vererdungsbecken eingebrachte Primärschlamm weist einen Wassergehalt von ca. 90 % auf. Dieses Wasser fließt zum Großteil über die Bodendrainage in einen Pufferschacht und anschließend über eine Vergleichmäßigungsdüse in den Intervallbeschickungsschacht. Die stoßweise Beschickung

des Bodenfilters erfolgt durch ein Rohrventil (Schwenkrohr). Das biologisch gereinigte Sickerwasser wird über eine Schlauchleitung zu einer oberflächigen Verrieselungsstelle geleitet.

Vor allem in ländlich strukturierten Gebieten mit starker dezentraler Ausrichtung der Abwasserentsorgung kann diese Art von Gemeinschaftsvererdungsanlage als ökonomisch und ökologisch richtungweisende Behandlungstechnologie angesehen werden.



**Abb. 34 : Vererdungsanlage Langegg (Klärschlammvererdungsbecken und Pflanzenkläranlage)**



- ◆ Wies - 5.000 EW, Folienbecken, Winterbetrieb

Die Anlage in Wies ist mit 5000 EW derzeit die größte Anlage in der Steiermark. Sie besteht aus zwei Folienbecken zu je 1.300 m<sup>2</sup> und wird auch im Winter betrieben.



**Abb. 35: Anlage Wies – Bau der Anlage (unten) und Anlage nach einem Jahr Betriebszeit (oben)**

- ◆ RHV Mölltal - 15.000 EW, Folienbecken, Winterbetrieb

Die größte Anlage in Österreich ist zur Zeit die Vererdung des Reinhalteverbandes Mölltal (Kärnten) ausgelegt für 15 000 EW. Die Anlage besteht aus insgesamt vier Vererdungsbecken in Erdbauweise (Folienbecken). Die Inbetriebnahme erfolgte im Frühjahr 2000. Die Anlage wird auch im Winter betrieben.



**Abb. 36: Klärschlammvererdung des Reinhalteverbandes Mölltal – Anlage für 15 000 EW**





- ◆ Anlage „Binder“ Einzelanlage für 6 EW - Sommerbetrieb

Die Anlage Binder ist eine Anlage für ein Einzelhaus ausgelegt mit einer Ausbaugröße von 6 EW. Es wurde ein Folienbecken mit Sickerwasserdrainage und Rückleitung zur Kläranlage errichtet. Das Becken ist mit Schilf bepflanzt. Die Anlage wird mit Primärschlamm betrieben, welcher direkt aus dem Vorklärbecken in das Vererdungsbecken gepumpt wird. Die Beschickung erfolgt nur während der Sommermonate.

Der Betrieb von Einzelanlagen unterscheidet sich teilweise von jenem größerer Anlagen. Auf Grund geringerer Schlammengen, liegen die Beschickungsintervalle bei kleineren Anlagen des öfteren weiter auseinander. Zu beachten ist hierbei, dass die Becken während beschickungsloser Phasen nicht austrocknen dürfen. Gegebenenfalls müssen sie in dieser Zeit mit Trübwasser gegossen werden.



*Abb. 37 : Einzelanlage für 6 Einwohner*

## 5.2 STÄRKEN/ SCHWÄCHENPROFIL

Im Vergleich mit anderen Verfahren zur stofflichen Verwertung von Klärschlämmen bietet der Einsatz einer Klärschlammvererdung mit Schilf zur Entwässerung und Stabilisierung von Flüssigschlämmen folgende Vorteile:

- ◆ **Kostengünstiges Verfahren**

Vor allem was die laufenden Betriebskosten betrifft ist die Klärschlammvererdung im Vergleich mit anderen Verfahren sehr kostengünstig. Der laufende Energieverbrauch für den Betrieb der Anlage ist minimal, es sind keine Zuschlagsstoffe notwendig, der Maschineneinsatz sowie der erforderlich laufende Betreuungsaufwand ist niedrig.

Weiters ist gemäß der derzeitigen gesetzlichen Regelungen nur eine nach der Räumung bzw. vor der weiteren Verwertung des vererdeten Schlammes, also im Regelfall alle 5 - 10 Jahre notwendig. Dies ist im Vergleich zu anderen Verfahren bei welchen weitaus häufiger Untersuchungen gefordert sind, sehr gering.

- ◆ **Qualitätsanforderung werden erfüllt**

Ziel der Behandlung von Flüssigschlamm in einem Vererdungsbecken ist es den Schlamm soweit zu behandeln, dass er einer stofflichen Verwertung, beispielsweise einer landwirtschaftlichen bzw. landbaulichen Verwendung zugeführt werden kann. Daher ist es wichtig schon im Vorfeld abzuklären, ob die erwartbare Qualität des zu vererdenden Schlammes zum Beispiel seine Schwermetallkonzentrationen den Qualitätsnormen sowie den gesetzlichen Auflagen für eine solche Verwertung entsprechen. Ist dies nicht der Fall so ist es erforderlich eine andere Behandlungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeit zu wählen.



Mit einer ordnungsgemäß betriebenen Klärschlammvererdungsanlage erreicht man die erforderliche Entwässerung des Schlammes, eine Volumenreduzierung, eine Hygienisierung sowie durch Mineralisierung bzw. Stabilisierung des Schlammes eine qualitative Verbesserung.

#### ◆ **Ökologisch sinnvolles Verfahren**

Nach den Grundsätzen des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes [27] ist die Abfallwirtschaft so auszurichten, dass Abfallmengen möglichst gering zu halten sind (Abfallvermeidung) und Abfälle soweit es sinnvoll und möglich ist zu verwerten sind. Im Hinblick auf die Entsorgung bzw. Verwertung von Klärschlamm ist hierbei die Forderung im Abfallwirtschaftsgesetz zur Vermeidung des Eintrages potentieller Schadstoffe in das Abwasser (qualitative Vermeidung) sowie der gesetzliche Auftrag, wonach eine Verwertung, soweit sie ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, vor einer Entsorgung zu erfolgen hat [32].

Im Sinne einer nachhaltigen Stoffflusswirtschaft und Ressourcenschonung ist grundsätzlich die Rückführung des Klärschlammes in den natürlichen Stoffkreislauf, sofern sein Gehalt an potentiellen Schadstoffen gering ist, anzustreben.

Unter diesen Gesichtspunkten ist die Entwässerung und Stabilisierung von Klärschlamm in Vererdungsbecken mit Schilf ein ökologisch und ökonomisch vertretbarer Behandlungsschritt von Schlämmen zur stofflichen Verwertung in der Landwirtschaft sowie im Landschaftsbau.

Die Grenzen für die Einsetzbarkeit des Verfahrens liegen im Großen und Ganzen bei folgenden zwei Bereichen:

#### ◆ **Flächenbedarf**

Die Klärschlammvererdung mit Schilf ist ein Verfahren mit relativ hohem Flächenbedarf. Je nach

örtlichen Gegebenheiten (Flächenangebot, Grundstückspreise) kann sich der Flächenbedarf bzw. die sich daraus ergebenden Kosten limitierend auf die Einsetzbarkeit des Verfahrens auswirken.

#### ◆ **Qualität des Flüssigschlammes**

Wesentlicher Bestandteil der Abwasserreinigung ist die gesicherte Verwertung bzw. Entsorgung des Klärschlammes. In Österreich haben zurzeit grundsätzlich drei Möglichkeiten, und zwar die Verwertung in der Landwirtschaft bzw. im Landschaftsbau, die Ablagerung auf Deponien mit entsprechender Vorbehandlung und die Verbrennung und Deponierung der Rückstände, Bedeutung [33]. Die Entscheidung welcher Entsorgungs- bzw. Verwertungsweg beschritten werden soll hängt in erster Linie von der Qualität des Schlammes ab.

Die Klärschlammvererdung mit Schilf stellt keine universelle Lösung zur Klärschlammbehandlung dar. Ist es absehbar, dass die Qualität des zu vererdenden Flüssigschlammes auf Grund seiner potentiellen Schadstoffgehalte (Schwermetalle, organische Schadstoffe) nicht den Anforderungen für eine landwirtschaftliche oder landbauliche Verwertung entspricht, so ist es erforderlich einen anderen Entsorgungsweg bzw. ein anderes Behandlungsverfahren zu wählen.

## 5.3 Leistungsübersicht

Zusammenfassend wird festgehalten, dass bei der Klärschlammvererdung, der Klärschlamm den gesetzlichen Anforderungen (Klärschlammverordnung und Bodenschutzgesetz) entsprechen muss.

Die Klärschlammvererdung mit Schilf bringt im Wesentlichen folgende Vorteile:

- Qualitative Verbesserung des Klärschlammes
  - Entwässerung,
  - Stabilisierung,
  - Volumenreduktion



- Geringer Fremdenergieeinsatz
- Keine Zuschlagsstoffe notwendig
- Geringer Betriebskostenaufwand

Nachteilig kann sich der große Flächenbedarf im Hinblick auf Verfügbarkeit und Kosten auswirken.

Voraussetzungen für das Funktionieren der Klärschlammvererdung mit Schilf

- Flächendeckender Schilfbestand
- Fachgerechter Betrieb der Anlagen
  - Richtige Beschickung
  - Beachtung der Witterung

## 5.4 ENTWICKLUNGSPOTENTIALE

Aufgrund der momentanen Entsorgungssituation in der Steiermark und der Entwicklung der gesetzlichen Regelungen im Hinblick auf die Klärschlammverwertung stellt die „Klärschlammvererdung mit Schilf“ eine mögliche Alternative zur Flüssigschlammbehandlung dar.

Allein in der Steiermark sind derzeit über 1.500 technisch biologische Kleinkläranlagen (<50 EW) sowie 730 Pflanzenkläranlagen vorhanden. Der Großteil dieser Anlagen verwertet derzeit ihren Schlamm landwirtschaftlich, teilweise ohne vorherige Behandlung. Künftig ist noch mit einem weiteren Anstieg dieser Kleinkläranlagen zu rechnen. Es wird erwartet, dass von den zurzeit noch über mechanische Anlagen bzw. Sammelgruben entsorgten Abwässern aus vorwiegend ländlichen Gebieten rund die Hälfte in öffentlichen Entsorgungsanlagen gereinigt wird, und hier hauptsächlich wiederum in kleinen Kläranlagen (< 250 EW). Die andere Hälfte wird durch genossenschaftliche und private Kleinkläranlagen erschlossen werden.

Unter Berücksichtigung dieser Entwicklung kann man bei Realisierung einer flächendeckenden Entsorgung zukünftig von rund 5.000 Kleinkläranlagen

in der Steiermark ausgehen.

Die Diskussionen innerhalb der EU (EU-Klärschlammrichtlinie bzw. EU-Bodenschutzrichtlinie) deuten darauf hin, dass die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau im Sinne von nachhaltigem Handeln weiterhin möglich sein soll, allerdings mit der Auflage von weitergehenden Untersuchungen und verschärften Grenzwerten. Dies wird sich auch unmittelbar in österreichischer Gesetzgebung (Bodenschutzgesetz, Klärschlammverordnung) niederschlagen und beispielsweise Untersuchungskosten aber auch Kosten für Entwässerung etc. verursachen, welche die landwirtschaftliche bzw. landbauliche Klärschlammverwertung verteuern.

Gerade in Gebieten mit einer kleinräumigen Abwasserentsorgungsstruktur und für Klärschlämme mit einem geringen Schadstoffpotential kann die Klärschlammvererdung mit Schilf als ökonomisch und ökologisch durchaus sinnvolle Behandlungstechnologie angesehen werden.

Die Errichtung von Gemeinschafts-Vererdungsanlagen kann, wie die Beispiele der Anlagen Dornegg oder Langegg-Hirtenfeld zeigen, für Einzel- und Kleinkläranlagen ebenso eine kostengünstige Lösung zur Klärschlammbehandlung darstellen, wie die Entwässerung und Stabilisierung von Flüssigschlamm aus Kläranlagen mit Anschlussgrößen von einigen tausend EW, wie das Beispiel der Anlage Wies zeigt.



# Literatur

- [1] **LESKY U. 2003:** Klärschlamm Entsorgung in der Steiermark – derzeitige Entsorgungssituation. In: Klärschlamm Enquete 2003. Amt d. Stmk. Landesregierung. Graz
- [2] **BERGHOLD H. & REINHOFER M. 1993:** Klärschlammvererdung mit Hilfe von Helophyten. - Endber. Joanneum Research - Graz.
- [3] **REINHOFER M. & BERGHOLD H. 1994:** Klärschlammvererdung mit Hilfe von Helophyten. - Korrespondenz Abwasser 8/41: 1302-1305.
- [4] **REINHOFER M., BERGHOLD H. & STUHLBACHER A. 1996:** Weiterführende Untersuchungen an der Klärschlammvererdungsanlage Heiligenkreuz. Produktqualität-Endproduktverwertung. - Joanneum Research. - Graz.
- [5] **REINHOFER M., 1997:** Klärschlammvererdung mit Schilf. Ökologische Untersuchungen zum Betrieb zur Funktionsfähigkeit und zur Einsetzbarkeit des Verfahrens. - Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz. - Graz.
- [6] **REINHOFER M. 1997:** Qualität und Verwertbarkeit von vererdetem Klärschlamm. In: DER FÖRDERUNGSDIENST 10 (97).- Wien
- [7] **REINHOFER M., BERGHOLD H. 1997:** Sludge Dewatering by means of Constructed Wetlands in two Waste Water Treatment Plants in Austria. In: NEWS LETTER 5 / 97
- [8] **REINHOFER M., BERGHOLD H. 1998:** Klärschlammvererdung in Mühlen 1993-1997. Joanneum Research Graz.
- [9] **REINHOFER M., BERGHOLD H. 1998:** Klärschlammvererdung mit Schilf. – Leitlinie für Planung, Bau & Betrieb. Amt d. Steiermärkischen Landesregierung (Hrsg.) - Graz
- [10] **REINHOFER M. 1998:** Klärschlammvererdung mit Schilf. In: SCHRIFTENREIHE ZUR WASSERWIRTSCHAFT, Technische Universität Graz, Band 32 (1998). Graz
- [11] **REINHOFER M. 2000:** Klärschlammvererdung mit Schilf. Instrumentarien zur Eigen- und Fremdüberwachung. Joanneum Research, Graz
- [12] **REINHOFER M., BERGHOLD H. 2000:** Klärschlammvererdung Großhart. Räumung eines Vererdungsbeckens. Joanneum Research, Graz
- [13] **REINHOFER M., BERGHOLD H., STUHLBACHER A., TRINKAUS P. 2000:** Klärschlammvererdung Großhart Wissenschaftliche Begleituntersuchungen 1993 - 2000. Joanneum Research, Graz
- [14] **REINHOFER M. 2000:** Dimensionierung und Betrieb von Klärschlammvererdungsbeeten. In: Wiener Mitteilungen, Band 163. - Wien.
- [15] **REINHOFER M., BERGHOLD H. & STUHLBACHER A. 2001:** Vererdung anaerober Schlämme. Vererdungsanlage Dornegg. Wissenschaftliche Begleituntersuchungen 2001. Joanneum Research. Graz
- [16] **REINHOFER M., STUHLBACHER A., TRINKAUS P. 2002:** Klärschlammvererdung in Schilfbeeten. Hygienisch-bakteriologische Untersuchungen im Verlauf des Vererdungsprozesses. In: KA - WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER ABFALL 2002 (49) Nr.5
- [17] **REINHOFER M., STUHLBACHER A. 2002:** Vererdung anaerober Schlämme. Vererdungsanlage Dornegg. Wissenschaftliche Begleituntersuchungen 2002. Joanneum Research. Graz
- [18] **AMT D. STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (HRSG.) 1998:** Klärschlammvererdung mit Schilf. – Leitlinie für Planung, Bau & Betrieb. - Graz
- [19] **HOFMANN K. 1992:** Entwässerung und Vererdung von Klärschlamm in Schilfbeeten. - Stuttgart.
- [20] **KICKUTH R.1981:** Abwasserreinigung in Mosaikmatrizen aus aeroben und anaeroben Teilbezirken. - In: MOSER F., Grundlagen der Abwasserreinigung: 639-665. - Oldenburg-München-Wien.
- [21] **GRIES C. 1988:** Wachstum, Stoffaufnahme



me und Sauerstoffeintrag in die Rhizosphäre von *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in einer biologischen Kläranlage. - Dissertation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel. - Kiel.

[22] **ARMSTRONG W. 1980:** Aeration in higher plants. - Adv. Bot. Res. 7: 226-232.

[23] **ARMSTRONG W., ARMSTRONG J. & BECKETT P.M. 1990:** Measurement and modelling of oxygen release from roots of *Phragmites australis*. - In: COOPER P. F., FINDLATER B. C., Constructed wetlands in water pollution control. proceedings of the international conference on the use of constructed wetlands in water pollution control, held in Cambridge, UK: 24-28. - Pergamon Press. Oxford-New York-Beijing-Frankfurt-Sao Paulo-Sydney-Tokyo-Toronto.

[24] **BRIX H. 1996:** Role of macrophytes in constructed treatment wetlands. - In: INTERNATIONAL ASSOCIATION ON WATER QUALITY, 5th international conference on wetland systems for water pollution control: 2/1-2/7. - Vienna.

[25] **RL-86/278:** EU Klärschlammrichtlinie: „Richtlinie zum Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft.“ 1986

[26] **BGBL. 252/1990:** Wasserrechtsgesetznovelle.

[27] **BGBL.325/1990:** Abfallwirtschaftsgesetz

[28] **BGBI Nr. 292/2001:** Österreichische Kompostverordnung.

[29] **BGBL. 164 (781-825) 1996:** Verordnung des Bundesministeriums für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen. - Deponieverordnung.

[30] **BGBL. 576/1987:** Forstgesetz

[31] **BGBL. 513/1994:** Düngemittelgesetz.

[32] **MOSER D. 2003:** Aktuelle Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Klärschlammverwertung und -entsorgung in Österreich und der EU. Wiener Mitteilungen Band 184, 1-24.

TU Wien.

[33] **ÖWAV - Regelblatt 17:** Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm. 2. vollständig überarbeitete Auflage. Wien 2003

[34] **LGBL. Nr. 66/1987:** Steiermärkisches Landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz.

[35] **LGBL. Nr. 89/1987:** Steiermärkische Klärschlammverordnung.

[36] **ÖNORM S 2200:** Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfall. - Nov. 1993.

Vorschlag für die Gestaltung der Eigen- und Fremdüberwachungsblätter  
**KLÄRSCHLAMMVERERDUNG MIT SCHILF**

**EIGENÜBERWACHUNGSBLATT**

■ **KURZBESCHREIBUNG DER ANLAGE**

**Bezeichnung und Standort:**

**Kläranlagentyp:**

**Anlagenart:**

**Anlagengröße:**

**Art des zu vererrenden Klärschlammes:**

**Bauausführung der Becken:**

**Technische Daten:**

**Lagepläne, Skizzen, etc.:**

# Anhang

## 7.1 Eigenüberwachungsblatt

**EIGENÜBERWACHUNGSBLATT FÜR DAS JAHR .....**

■ **MASCHINELLE EINRICHTUNGEN**

Durchgeführt am:	Überprüfung / Wartung von:	Befund:	Maßnahmen:
Durchgeführt am:	Überprüfung / Wartung von:	Befund:	Maßnahmen:

■ **BETRIEBSDATEN**

Datum	Beschickungsmenge	Winterung	Abtrocknungsverhalten	Besonderheiten
Becken Nr.:	Becken Nr.:	Becken Nr.:	Becken Nr.:	

■ **SCHILFWACHSTUM**

Aufnahme am:	Dichte d. Pflanzen	Bestandeshöhe	Besonderheiten	Maßnahmen (Nachpflanzungen etc.)

■ **BECKENRÄUMUNG**

Durchgeführt am:	
Arbeitsbeschreibung am:	
Platz:	
Qualität:	
Untersuchungsbefund (lt. Stmk. Klärschlammverordnung, etc.):	liegt bei einzusehen bei: .....
Art der Verwertung bzw. Entsorgung:	





## 7.2 Fremdüberwachungsblatt

# KLÄRSCHLAMMVERERDUNG MIT SCHILF

## FREMDÜBERWACHUNGSBLATT

ERSTPRÜFUNG       ZWISCHENPRÜFUNG       ENDPRÜFUNG

### MASCHINELLE EINRICHTUNGEN, BAULICHE AUSSTATTUNG

<i>Eigenkontrollen bzw. Wartungen: Durchgeführt am:</i>	<i>Fremdkontrolle - Befund:</i>	<i>Erforderliche Maßnahmen:</i>
<i>Nicht durchgeführt:</i>		

### SCHILFWACHSTUM

<i>Eigenkontrollen Durchgeführt am:</i>	<i>Dichte und Höhe der Pflanzen:</i>	<i>Besonderheiten:</i>	<i>Erforderliche Maßnahmen:</i>
<i>Nicht durchgeführt:</i>			

### EIGENÜBERWACHUNGSBLATT

<i>Eigenkontrollen Durchgeführt am:</i>	<i>Beschickungsmengen und -zeitraum/J:</i>	<i>Besonderheiten:</i>	<i>Erforderliche Maßnahmen:</i>
<i>Nicht durchgeführt:</i>	- - - -		

### ZUSTANDES UND FUNKTIONSFÄHIGKEIT DER VERERDUNGSANLAGE

<i>Zustandsbeurteilung</i>	<i>Erforderliche Maßnahmen</i>	<i>Nachkontrollen: Erforderlich am durchgeführt am:</i>
		<i>Nicht erforderlich:</i>

### QUALITÄT DES VERERDETEN SCHLAMMES - VERWERTBARKEIT

<i>Beckenräumung durchgeführt am:</i>	
<i>letzte Beschickung vor der Räumung am:</i>	
<i>Menge:</i>	
<i>Qualität:</i>	<i>Probenahme am:</i>
<i>Untersuchungsbefund (lt. Stmk. Klärschlammverordnung, etc.)</i>	<i>liegt bei einzusehen bei:.....</i>
<i>Art der Verwertung bzw. Entsorgung:</i>	

Überprüft von: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_



### 7.3 Klärschlammvererdungsanlagen in der Steiermark Übersicht über bestehende Klärschlammvererdungsanlagen >50 EW in der Steiermark (Stand 2003)

ARA	Kapazität	Berechtigter
Bad Gams-Hohenfeld-Dörfel	160 EW	Wgen. Hohenfeld-Dörfel
Bad Gams-Mitteregg	160 EW	Wgen. Mitteregg
Breitenfeld-Ort	480 EW Folienbecken	Gemeinde Breitenfeld
Brodingberg-Freiingereg	80 EW, wird gerade bepflanz	Gemeinde Freiingereg
Dornegg-Mitte	160 EW 1 Betonbecken	Abwgen. Dornegg-Mitte
Edelsbach	50 EW 1 Folienbecken	Gemeinde Edelsbach
Empersdorf	820 EW	Gemeinde Empersdorf
Etmißl	600 EW 4 Betonbecken á 80 m <sup>2</sup>	Gemeinde Etmißl
Falkendorf	550 EW	Gemeinde Falkendorf; St. Rupprecht
Friedberg-Ehrensachsen	2700 EW 2 Erdbecken	Stadtgemeinde Friedberg
Groß St. Florian-Katschedberg	100 EW	Wgen. Katschedberg
Großhart	350 EW 3 Folienbecken á 36 m <sup>2</sup>	Gemeinde Großhart
Gschnaidt-St. Pankrazen2	260 EW	Abwgen. St. Pankrazen-Gschnaidt
Gutenberg-Stockwiese	1000 EW 2 Betonbecken á 125 m <sup>2</sup> (2 m Wandhöhe)	AWV Passailer Becken
Heiligenkreuz am Waasen	/640 EW 2 Betonbecken á 80 m <sup>2</sup>	AWV Oberes Stiefingtal
Hohenau-Dorf	250 EW	Abwgen. Hohenau/Dorf Kriechenlee
Jagerberg-Neufeldsiedlung	50 EW Erdbecken	Abwgen. Ungerdorf
Jagerberg-Ungerdorf	60EW Erdbecken	Abwgen. Ungerdorf
Klöch-Haseldorf		Marktgemeinde Klöch
Koglhof-Aschau	300 EW	Gemeinde Koglhof
Krumegg2	250 EW	Wgen. Krumegg
Krumegg-Kohldorf	400 EW	Wgen. Kohldorf
Krumegg-Ort	400 EW	Wgen. Krumegg
Kumberg-Faßberg	160 EW	Wgen. Faßberg
Langegg/ Hirtenfeld	300 EW 2 Folienbecken á 50 m <sup>2</sup> Gemeinschaftsanlage für 9 PKA's	
Lannach-Launeggstraße	72 EW	Wgen. Launeggstraße
Marhof-Sierling Süd-Ost	80 EW	Wgen. Sierling Süd-Ost
Mettersdorf-Rohrbach	200 EW	Wgen. Rohrbach





Mitterdorf-Höllboden	72 EW	Wgen. Radling
Mitterdorf-Oberdorf	600EW	Wgen. Oberdorf/Stadl
Mitterdorf-Obergreith	200 EW	Wgen. Obergreith
Mitterdorf-Poschitz2	410 EW	Wgen. Poschitz
Mitterdorf-Regenwolke	100 EW	Abwgen. Regenwolke-Dörfli
Mitterdorf-Reitberg	725 EW	Wgen. Obergreith
Mühlen	424 EW 3 Folienbecken	Gemeinde Mühlen
Preding-Gantschenberg	350 EW	Abwgen. Gantschenberg
Preding-Wieselsdorf	500EW	Wgen. Wieselsdorf
St. Oswald/Eibiswald	350 EW Betonbecken dzt. keine Beschickung	Gemeinde St.Oswald
St. Radegund-Rinegg	350 EW	Wgen. Rinegg
St. Stefan-Hofererberg	200 EW	Grinschgl Johann und Katherina
St. Peter i. Sulmtal-Hausleiten	50 EW	Kumpitsch Franz
Tieschen-Laasen-Preguckengerg	100 EW	Wgen. Laasen-Preguckenber
Weinitzen Annagraben	800 EW 2 Betonbecken dzt. keine Beschickung	
Weinitzen (Am Waldgrund)	400 EW 2 Betonbecken á 40 m <sup>2</sup> dzt. keine Beschickung	Abwgen. Am Waldgrund
Weinitzen Bleihütten	350 EW	Abwgen. Bleihütten
Weinitzen Nadisch	350 EW	Abwgen. Nadisch
Weng	700 EW	Gemeinde Weng im Gesäuse
Wetzelsdorf	490 EW Folienbecken	Abwgen. Wetzelsdorf
Wies	5000 EW 2 Folienbecken á 1300 m <sup>2</sup> Winterbetrieb	Gemeinde Wies/Eibiswald
Wolfsberg i. Schwarzautal	1750 EW 2 Erdbecken	Gemeinde Wolfsberg im Schwarzautal

- \* Wgen: Wassergenossenschaft
- \*\* Abwgen: Abwassergenossenschaft
- \*\*\* AWV: Abwasserverband

### Anmerkung:

Zur Übersicht über die bestehenden Anlagen wird angemerkt, dass nicht alle Anlagen dem im Bericht beschriebenen Konzept entsprechen. So wurden einige Anlagen bisher nicht mit Schilf bepflanzt und stellen daher eher einen Schlammstapelbehälter dar. Darüberhinaus verfügen ca. 300 Kleinkläranlagen mit einer Ausbaugröße bis 50 EW bereits über eine Klärschlammvererdungsanlage.

Die Informationen stammen einerseits aus einer Vorort-Erhebung des Joanneum Research und andererseits aus der Kläranlagen-Datenbank bzw. aus der jährlichen Klärschlammdatenerfassung der Fachabteilung 19A.



# Impressum

## ◆ **Herausgeber**

Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Abteilung 19 – Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft  
Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft  
*Dipl.- Ing. Johann Wiedner*  
Fachabteilung 19D – Abfall- und Stoffflusswirtschaft  
*Dipl.- Ing. Dr. Wilhelm Himmel*

## ◆ **Projektkoordination**

Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft  
*Dipl.- Ing. Urs Lesky*  
*Ing. Thomas Kraxner*  
*Hellfried Reczek*  
Fachabteilung 19D – Abfall- und Stoffflusswirtschaft  
*Dipl.- Ing. Dr. Angelika Stüger-Hopfgartner*

## ◆ **Inhaltliche Bearbeitung**

Joanneum Research Forschungsges.m.b.H.  
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme  
*Mag. Dr. Marion Reinhofer*

## ◆ **Satz und Layout**

EMD - EDV, Marketing und Dienstleistungs GmbH  
Lanfelfelderstraße 3, 8793 Trofaiach

## ◆ **Druck**

Medienfabrik, Graz





Juli 2004