



Diplomarbeit

Verwertung und Entsorgung der kommunalen Klärschlämme im Mürzverband

erstellt am

Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik (IED)

Montanuniversität Leoben

Vorgelegt von:

Andreas Reinhold Neff, 9135119

Barbaraweg 76
Lorber

A-8700 Leoben

Betreuer:

Prof. Dipl. Ing. Dr. Michael Nelles

O. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Karl E.

Leoben, 16.2.2001

Danksagung

Diese Diplomarbeit wurde durch die Mithilfe des Mürzverbands, vor allem von Herrn Direktor Dipl. Ing. Werner Folk und Herrn Ing. Manfred Bucher ermöglicht.

Hervorzuheben bei der Betreuung durch das Institut für Entsorgungs-, und Deponietechnik der Montanuniversität Leoben ist die engagierte Unterstützung durch Herrn Prof. Dr. Dipl. Ing. Michael Nelles , der viel Zeit für das Gelingen dieser Diplomarbeit investierte.

Weiters möchte ich meiner Familie danken, die mich über all die Jahre hinweg immer unterstützt hat.

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt und keine weiteren als die angegebenen Quellen wörtlich oder inhaltlich zitiert habe“.

1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	3
2	BEHANDLUNG KOMMUNALER ABWÄSSER.....	4
2.1.	Aufbau einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage (ARA) gemäß Stand der Technik	4
2.2.	Abwasserreinigungsanlagen des Mürzverbands.....	6
2.2.1.	Derzeitiger Aufbau.....	7
2.2.2.	Änderungen gemäß WRG-Novelle.....	10
3	FESTE RESTSTOFFE DER ABWASSERBEHANDLUNG	11
3.1.	Begriffliche Abgrenzung.....	11
3.2.	Schlammarten nach ÖNORM S 2100	12
3.2.1.	Nichtstabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischer Abwasserbehandlung	12
3.2.2.	Stabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischer Abwasserbehandlung ..	13
3.2.3.	Rückstände aus der Kanalisation und Abwasserbehandlung ausgenommen Schlämme	13
3.2.4.	Schlämme aus der Abwasserbehandlung	13
4.	KOMPOSTIERUNG VON KOMMUNALEM KLÄRSCHLAMM.....	14
4.1.1.	Beschreibung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage (MBR) Allerheiligen.....	14
4.1.2.	Vorteile von kompostiertem Klärschlamm	19
5.	STAND DER VERWERTUNG UND ENTSORGUNG KOMMUNALER KLÄRSCHLÄMME.....	21
5.1.	Österreich, Ist-Situation im Jahr 1991	21
5.2.	Kommunaler Klärschlamm nach Bundesländern, Ist-Zustand 1991	22
5.3.	Kommunaler Klärschlamm in der Steiermark, Ist-Zustand 1994	25
5.3.	Bezirke Bruck an der Mur und Mürzzuschlag im Jahr 1995.....	29
5.4.1.	Bezirk Bruck an der Mur	29
5.4.2.	Mürzzuschlag	32

5.5. Klärschlamm Entsorgung im Mürzverband.....	34
5.5.1. Behandlung des Klärschlamm bis 1994	35
5.5.2. Behandlung des Klärschlamm ab 1995	35
6. PROGNOSE DES KÜNFTIGEN KLÄRSCHLAMMANFALLS	36
6.1. Entwicklung der Klärschlamm Massen in Österreich	36
6.2. Prognose für die Abwasserreinigungsanlagen des Mürzverbands	38
6.2.1. Einflussgrößen.....	38
6.2.2. Szenarien	45
7. BEHANDLUNG VON KLÄRSCHLAMM IM RAHMEN DER MECHANISCH- BIOLOGISCHEN RESTABFALLBEHANDLUNG VOR DER DEPONIERUNG (MBVRD).....	54
7.1. Schadstoffgehalte im Klärschlamm	54
7.1.1. Untersuchungsprogramm	54
7.1.2. Probennahmen	55
7.2. Anforderung an das Rottegut gemäß Deponieverordnung	55
7.2.1. Begriffsbestimmungen.....	56
7.2.2. Deponietypen	56
7.2.3. Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen	56
7.2.4. Verbot der Deponierung	57
7.2.5. Kriterien und Grenzwerte für die Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen	57
7.3. Bewertung der Schadstoffgehalte	59
7.3.1. Schadstoffgehalte für die einzelnen Abwasserreinigungsanlagen	59
7.3.2. Auswertung nach Analysenparametern.....	67
7.4. Umweltverträglichkeit der MBVRD	70
8. ALTERNATIVEN ZUR VERWERTUNG BZW. ENTSORGUNG DER KLÄRSCHLÄMME DES MÜRZVERBANDS	73
8.1. Landwirtschaftliche Verwertung	73
8.1.1. Möglichkeiten der Verwertung in der Landwirtschaft.....	73
8.1.2. Rechtliche Rahmenbedingungen	76
8.1.3. Sonstige Rahmenbedingungen	81
8.1.4. Umweltverträglichkeit	85
8.1.5. Entsorgungskosten:.....	91

8.2. Landschaftsbauliche Verwertung	91
8.2.1. Möglichkeiten der landschaftsbaulichen Verwertung	91
8.2.2. Rechtliche Rahmenbedingungen	93
8.2.3. Sonstige Rahmenbedingungen	96
8.2.4. Umweltverträglichkeit	97
8.2.5. Verwertungskosten.....	100
8.3. Thermische Behandlungsverfahren	101
8.3.1. Thermische Behandlungsverfahren.....	101
8.3.2. Rechtliche Rahmenbedingungen	114
8.3.3. Sonstige Rahmenbedingungen	119
8.3.4. Umweltverträglichkeit	120
8.3.5. Verwertungskosten.....	121
9. SCHLUSSFOLGERUNGEN	122
9.1 Klärschlammqualität.....	122
9.2 Klärschlammengen	122
9.3 Alternative Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten.....	123
10. ZUSAMMENFASSUNG	125
11. VERZEICHNISSE	127
11.1 Literatur.....	127
11.2 Verwendete Abkürzungen/Begriffe	132
11.3 Tabellen.....	137
11.4 Abbildungen.....	138

ANHANG

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In Europa gehört Österreich zu den führenden Ländern auf dem Gebiet des Umweltschutzes. Dies gilt auch für die Abfallwirtschaft, wo in den letzten Jahren insbesondere in den Bereichen Vermeidung und Verwertung von Abfällen erhebliche Anstrengungen unternommen wurden. Dies gilt auch für den Bereich der Klärschlamm Entsorgung und -verwertung.

Wie in anderen Ländern gibt es aber auch in Österreich das Problem der direkten Deponierung von Abfällen. Die mit dieser Entsorgungspraxis verbundenen Umweltprobleme (Deponiegas, Sickerwasser, Altlastenproblematik) sind spätestens seit Mitte der 80er Jahre bekannt. Auch die derzeit betriebenen Deponien sind teilweise als Altlasten von morgen zu bezeichnen.

In Österreich werden derzeit jährlich ca. 45 % (fast 1,28 Mio. Mg) der anfallenden Restabfälle aus privaten Haushalten und ähnlichen Einrichtungen sowie etwa 260.000 Mg entwässerte kommunale Klärschlämme (30 % TS) ohne weitere Vorbehandlung deponiert [1].

Die österreichische Bundesregierung hat 1996 auf Basis des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) die Deponieverordnung (DVO) erlassen. Außerdem wurde 1996 das Altlastensanierungsgesetz (AlsaG) und im Frühjahr 1997 das Wasserrechtsgesetz (WRG) novelliert. Mit diesem Maßnahmenpaket werden die Anforderungen für die Ablagerung von Abfällen in Österreich verschärft und der Übergang zu einer umweltverträglichen Deponierung reaktionsarmer Abfälle eingeleitet. Grundsätzlich gilt ab 2004 ein obertägiges Ablagerungsverbot für Abfälle mit einem TOC > 5 % bezogen auf die Trockensubstanz, was in der Regel eine thermische Behandlung voraussetzt.

In der österreichischen DVO wurde eine Ausnahmeregelung für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle integriert. Danach dürfen diese Abfälle in gesonderten Kompartimenten von Massenabfalldéponien abgelagert werden, wenn der aus der Trockensubstanz gemessene obere Heizwert (H_o) weniger als 6.000 kJ/kg beträgt. In der Bundesrepublik Deutschland tritt mit 1.3.2001 eine ähnliche Verordnung (Ablagerungsverordnung) in Kraft.

Dieser Umstand hat eine ganze Reihe von Aktivitäten auf dem Gebiet der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (MBR) in Österreich ausgelöst. Am Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik (IED) der Montanuniversität Leoben wurde Mitte 1995 eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe eingerichtet, die sich mit Fragestellungen der MBR auseinandersetzt.

Als Arbeitsschwerpunkte waren zu nennen:

- Erstellung von Studien und Gutachten zu praxisrelevanten Fragestellungen der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (MBR)
- Ertüchtigung von bestehenden Anlagen zur MBR hinsichtlich der Anforderungen an die Deponieverordnung
- Konzeption, Durchführung und wissenschaftliche Begleitung von Pilotprojekten
- Mitarbeit in einschlägigen Arbeitskreisen (BMUJF, ÖNORM, ÖWAV, VÖEB usw.)

Im Mürzverband (Steiermark) wurde 1995 im Rahmen eines Sanierungsprojektes eine moderne Anlage zur mechanisch-biologischen Behandlung von Restmüll und Klärschlamm errichtet. Die Planungsarbeiten wurden durch das Technische Büro RAB in Salzburg durchgeführt und die Betriebsanlage hat, nach erfolgreichem Probetrieb, im Frühjahr 1996 den Regelbetrieb aufgenommen.

Die Arbeitsgruppe des IED hat im Auftrag der Fachabteilung Ic (Abfallwirtschaft) des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung das Konzept für das „Pilotprojekt zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) im Mürzverband“ ausgearbeitet und ist mit der Durchführung und wissenschaftlichen Begleitung betraut worden. [2]

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Begleitung wurden Studierende der Studienrichtung „Industrieller Umweltschutz, Entsorgungstechnik und Recycling“ (Montanuniversität Leoben) bzw. des Studiengangs „Technischer Umweltschutz“ (TU Berlin) mit Diplomarbeiten betraut. Von Prof. Dr. Dipl. Ing. Michael Nelles wurde der Teil „*Verwertung und Entsorgung der kommunalen Klärschlämme im Mürzverband*“ mir zur Bearbeitung übertragen.

1.2 Zielsetzung

Ausgangspunkt für diese Diplomarbeit waren die Grundsätze und Ziele des AWG und deren Konkretisierung in der Deponieverordnung sowie etwaige alternative Verwertungsverfahren die nicht durch das AWG und die Deponieverordnung rechtlich abgedeckt werden. In einigen dieser Verfahren kommen stattdessen Landesgesetze zur Anwendung bzw. sind noch keine Rechtsvorschriften vorhanden.

Im Mürzverband wird ein Großteil des anfallenden Klärschlammes gemeinsam mit dem Restabfall einer mechanisch-biologischen Behandlung unterzogen. In manchen Jahren kann die MBR in Allerheiligen nicht den gesamten anfallenden Klärschlamm des Mürzverbandes verarbeiten. Ein Teil des Klärschlammes muss dann einer externen Verwertung zugeführt werden.

Als Ziele dieser Diplomarbeit wurden folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Erhebung der Daten der Bevölkerungsentwicklung, des Wirtschaftswachstums und der zukünftigen Ausbaupläne für die 4 Kläranlagen des Mürzverbands.
- Untersuchung der Klärschlämme der 4 verbandseigenen Abwasserreinigungsanlagen und der Kläranlage Bruck an der Mur in Hinsicht auf die Erfüllung der Schadstoffgrenzwerte der Deponieverordnung und der steiermärkischen Klärschlammverordnung.
- Auf dieser Datengrundlage sind die kurz-, mittel- und langfristig zu erwartenden Klärschlamm-mengen abzuschätzen.
- Erarbeitung von alternativen Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten für den überschüssigen Klärschlamm, der nicht in der MBR Allerheiligen verwertet werden kann.

Die genannten Problemstellungen werden in den Kapiteln 4 bis 9 systematisch abgearbeitet. Vorab werden in Kapitel 2 der grundsätzliche Aufbau einer Kläranlage sowie die Ausbaupläne des Mürzverbands erläutert, während Kapitel 3 die verschiedenen Arten der festen Reststoffe der Abwasserbehandlung entnommen werden können.

2 Behandlung kommunaler Abwässer

2.1. Aufbau einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage (ARA) gemäß Stand der Technik [3]

Zunächst soll hier am Beispiel der kommunalen Kläranlage der Stadt Duisburg erläutert werden wie eine moderne kommunale Abwasserreinigungsanlage, die dem Stand der Technik entspricht, aufgebaut ist (siehe auch Abbildung 2.1). Der Aufbau der ARA kann je nach Größe und Verfahrenstechnik variieren, die Grundkomponenten sind aber meist ähnlich. Ergänzend werden neben den Prozessstufen der ARA Duisburg auch Komponenten beschrieben, die zusätzlich in den Betrieb von Kläranlagen integriert sein können.

Die im Hauptsammler der Kläranlage zulaufenden Abwässer werden meist mittels **Schneckenpumpenwerk** auf die Höhe der Kläranlage gehoben, da die Hauptsammler normalerweise tiefer als die ARA liegen. Dieser Umstand ist dadurch bedingt, dass für freien Abfluss in den Kanälen ein Gefälle notwendig ist.

Verfolgt man den Weg des Abwassers durch die ARA, so fließt das Abwasser zunächst durch die mechanische Stufe bestehend aus *Rechenanlage*, *unbelüftetem Sandfang* und *Vorklärbecken*.

Die **Rechenanlage** ist bei größeren ARA in Grobrechen (Spaltweite z.B. 60 mm) und Feinrechen (Spaltweite z.B. 20 mm) unterteilt. Bei kleineren Anlagen wird meist nur ein Rechen eingesetzt (Spaltweite z.B. 20 mm). Die Rechen dienen zur Entfernung von Hölzern, Damenbinden etc., die im späteren Verlauf der Kläranlage zu Störungen führen würden. Das Rechengut wird bei kleineren Anlagen direkt in Container abgeworfen bzw. bei größeren Anlagen vorher entwässert.

Der **Sandfang** dient zur Entfernung von feinen mineralischen Bestandteilen im Abwasser, die vor allem bei Anlagen mit Mischkanalisationen verstärkt auftreten (Straßenstaub, Streusplitt etc.). Der abgesetzte Sand wird mit Tauchpumpen, die an automatisch betriebenen Räubern aufgehängt sind, abgesaugt und zu Schneckenklassierern gefördert.

Bei großen Anlagen ist oft nach dem Sandfang ein **Leichtstoffabscheider** angeordnet. Dieser dient zur Entfernung von Ölen (Speiseöl, Motoröle etc.) die den Reinigungsablauf in der Kläranlage stören würden.

Anlagen, die an eine Mischkanalisation angeschlossen sind, werden mit **Regenrückhaltebecken** ausgestattet, die bei Starkregenereignissen als Puffer dienen, da die Kläranlage sonst auf die höheren Mengen bei Starkregenereignissen ausgelegt werden müsste.

Die **Vorklärbecken** dienen teilweise als Sedimentationsbecken, bzw. bei anderen Systemen als erste Stufe der biologischen Reinigung.

Die wesentlichen Ziele der **biologischen Behandlungsstufen** sind der Kohlenstoffabbau, die Nitrifikation, Denitrifikation und bei neueren ARA teilweise auch die biologische Phosphorelimination. In der ARA Duisburg wird die Phosphorelimination mittels Simultanfällung im Belebungsbecken durchgeführt. Auch eine Vorfällung im Vorklärbecken oder eine Nachfällung hinter den biologischen Prozessstufen ist möglich. Die Stickstoffeliminierung ist in der ARA Duisburg als vorgeschaltete Denitrifikation ausgeführt, in anderen ARA wird das Denitrifikationsbecken hinter das Becken zur Nitrifikation geschaltet oder es wird eine Stufenanordnung realisiert wobei ein Becken in mehrere belüftete Nitrifikationsbereiche und nicht belüftete Denitrifikationsbereiche unterteilt ist.

In den **Nachklärbecken** erfolgt die Trennung des Belebtschlammes von dem gereinigten Abwasser. Das gereinigte Abwasser läuft durch gelochte Rohre oder Zackenwehre ab. Der Schlammabzug erfolgt durch Räumler. Der abgezogene Belebtschlamm wird wieder in die Belebung zurückgeführt. Der Überschussschlamm wird kontinuierlich zur Schlammbehandlung gefördert.

Zur Verbesserung der optischen Qualität des gereinigten Abwassers (Schwebstoffrückhalt), bzw. zur Abpufferung von Belastungsspitzen werden teilweise Schönungsteiche verwendet, bevor das gereinigte Abwasser in den Vorlauter geleitet wird.

Der Schlamm wird entweder aerob stabilisiert (häufig der Fall bei kleineren Anlagen) und danach im **Eindicker** auf 3 bis 5% TS eingedickt. Bei größeren Anlagen wird der Schlamm ohne aerobe Stabilisierung in den Eindicker geleitet und danach im Faulturn anaerob stabilisiert.

Im **Faulturm** wird die organische Restsubstanz des Schlammes so weit abgebaut, dass der Schlamm anschließend ohne Geruchsbelästigung entwässert und entsorgt werden kann. Die Aufenthaltsdauer des Schlammes beträgt zwischen 14 und 21 Tagen. Für eine ausreichende Hygienisierung des Schlammes ist in der Regel eine Aufenthaltsdauer von mindestens 20 Tagen vorzusehen. Die Faulung erfolgt meist im mesophilen Temperaturbereich (35 - 38 °C). Das im Faulturm anfallende Faulgas wird in Gasbehältern gesammelt und kann zur Faulturm-, Gebäudeheizung und/oder zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet werden.

Der gefaulte oder aerob stabilisierte Klärschlamm wird bei größeren ARA in der Regel maschinell mittels **Siebbandpressen**, **Zentrifuge** oder **Kammerfilterpressen** auf TS-Gehalte von 20 bis 40 % TS entwässert. Bei großen Kläranlagen ist der Entwässerung noch ein **Eindicker** vorgeschaltet. Bei kleinen Anlagen wird der aerob stabilisierte Klärschlamm nach einem Eindicker im **Schlamm-speicher** zwischengelagert und dann entwässert.

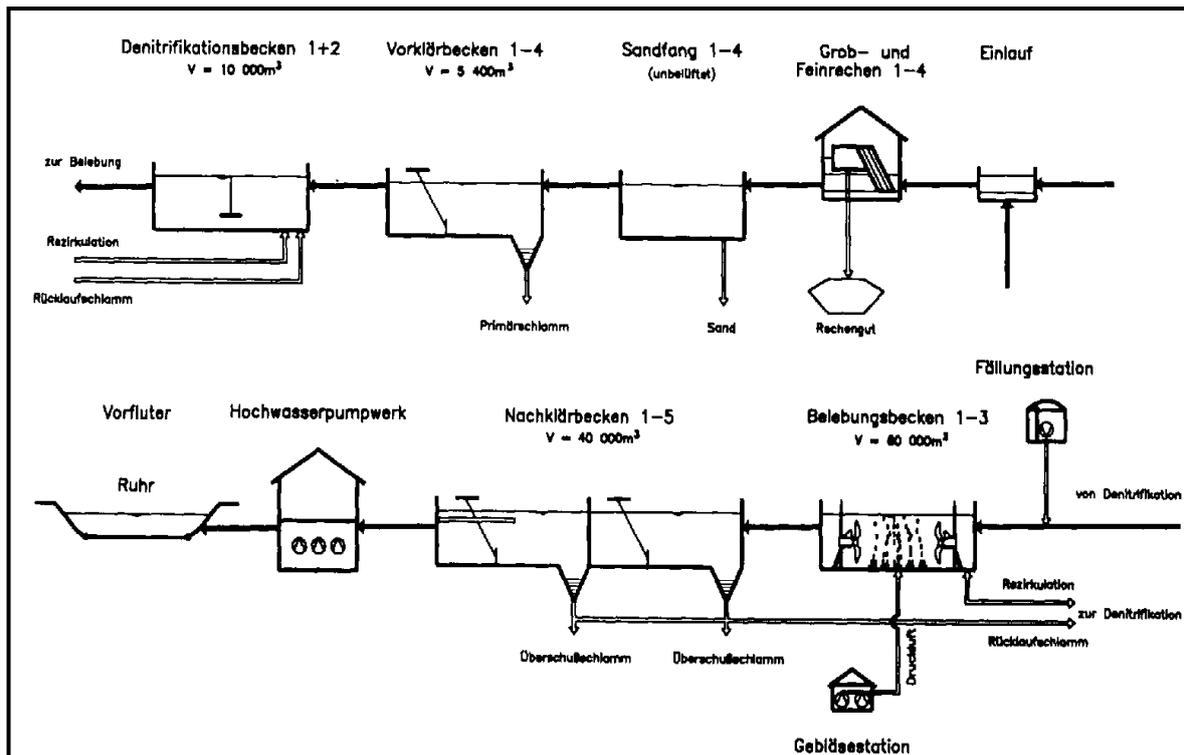


Abbildung 2.1: Ablaufschema der Kläranlage Duisburg

2.2. Abwasserreinigungsanlagen des Mürzverbands [4]

Das ca. 60 km lange Mürztal wurde bei der Gründung des Mürzverbands in 4 getrennte Verbandsabschnitte unterteilt. Das gesammelte kommunale Abwasser sollte von den Gemeinden der jeweiligen Verbandsabschnitte über die Ortskanalisation in einen Verbandshauptsammler abgeführt und einer vollbiologischen Gruppenkläranlage zugeleitet werden. Daher wurden für den Endausbau 4 Transportleitungssysteme mit einer vollbiologischen Gruppenkläranlage projektiert.

Nach Gründung des Verbandes im Jahre 1963 bzw. nach zwischenzeitlichen nachträglichen Beitritten von weiteren Gemeinden wurden nachfolgende Verbandsabschnitte mit 17 Mitgliedsgemeinden fixiert:

Verbandsabschnitt Mürz I:

Spital a. Semmering, Mürzzuschlag, Langenwang, Kapellen, Altenberg, Neuberg

Verbandsabschnitt Mürz II:

Krieglach, Mitterndorf, Veitsch, Wartberg

Verbandsabschnitt Mürz III:

Kindberg, Mürzhofen, Stanz, Allerheiligen, St. Lorenzen, St. Marein

Verbandsabschnitt Mürz IV:

Parschlug, St. Katharein a. d. Laming, Ortsteil Berndorf der Stadtgemeinde Bruck a. d. Mur sowie Kapfenberg.

Insgesamt wurden in allen vier Verbandsabschnitten rund 101 km Transportleitungen mit einem Gesamtinvestitionsvolumen für den Sammlerbau von 190,6 Mio. ATS errichtet.



Abbildung 2.2 Symbol des Mürzverbands mit den wichtigsten Verbandsgemeinden (Bruck a. d. Mur ist nur Mitglied des Bereiches Abfallentsorgung)

2.2.1. Derzeitiger Aufbau

Neben dem Bau der Transportleitungen wurde im Jahre 1982 mit der Errichtung von vollbiologischen Gruppenkläranlagen begonnen. Der Mürzverband hat sich bei der Errichtung seiner Kläranlagen für ein Klärblocksysteem mit aerober Schlammstabilisierung entschieden, da ein Teil der Kanalstränge erst nach dem Bau der Kläranlagen errichtet wurde.

In Abbildung 2.3 soll ein Überblick über das prinzipielle Ablaufschema der Kläranlagen des Mürzverbands vor dem Beginn der Umbauarbeiten gegeben werden. Der Aufbau ist bei allen 4 Anlagen ähnlich, er unterscheidet sich meist nur durch die Anzahl der Klärböcke und das eventuelle Vorhandensein von Abwasserhebeeinrichtungen. Eine Ausnahme bildet hier die Kläranlage Wartberg (Mürz II). Bei dieser ARA wurde ein Teil der im Kapitel 2.2.2 beschriebenen erforderlichen Anpassungsmaßnahmen während umfangreicher Umbauarbeiten bereits vorweggenommen.

Nach Fertigstellung der Anpassungsarbeiten an den Stand der Technik wird sich das Ablaufschema stark ändern. Die Veränderungen werden in Kapitel 2.2.2 noch genauer behandelt.

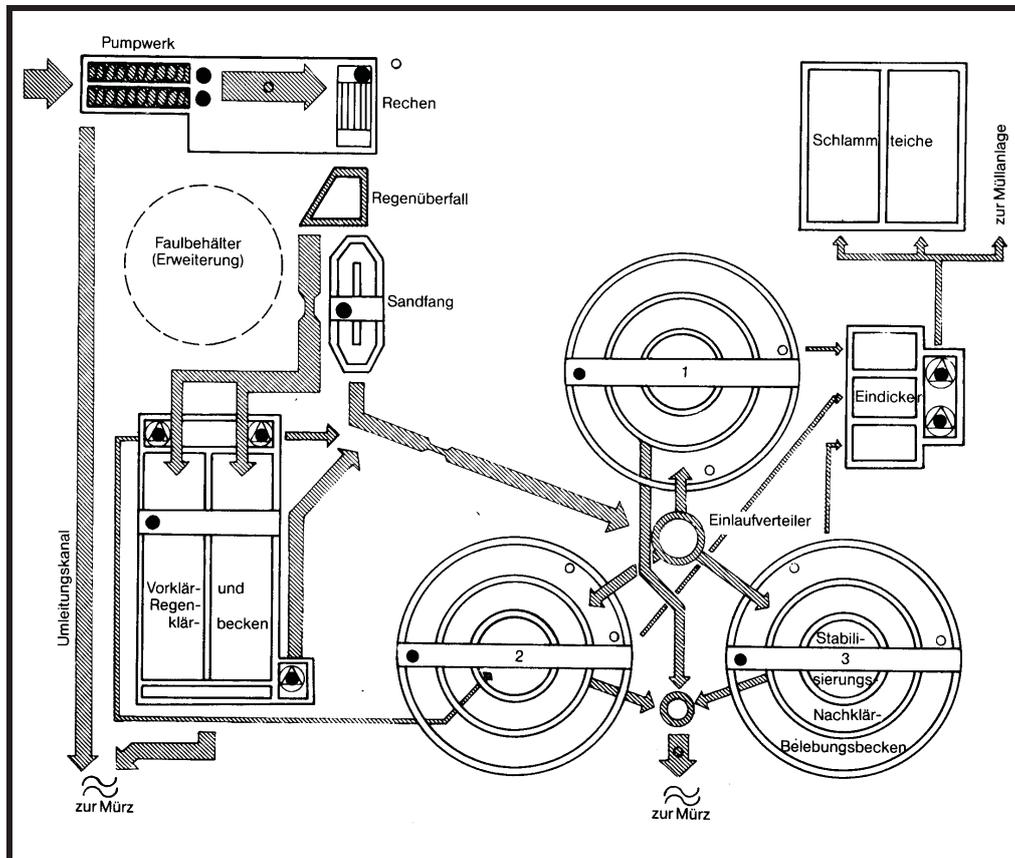


Abbildung 2.3 Prinzipielles Ablaufschema der Kläranlagen des Mürzverbands

Im wesentlichen wurden die vollbiologischen Gruppenkläranlagen mit folgenden Anlagenteilen ausgerüstet:

- Notüberlauf
- Schneckenpumpwerk (nur bei 2 Kläranlagen, da diese im Hochwassergefährdungsbereich situiert wurden, ein weiteres wurde in Kapfenberg gebaut werden)
- Rechenbauwerk mit automatischem Rechenguträumer
- belüfteter Längssandfang
- Teilungsbauwerk mit Retentionsbecken als Regenausgleichsbecken für Mischsystemanlagen

- Verteilerbauwerk
- Klärblöcke
- Eindicker
- Schlammstabilisierungsbecken

Besonders soll auf die bereits erwähnten Klärblöcke eingegangen werden. Diese wurden in Form einer Schachtelbauweise projektiert und für eine Maximalbelastung von 50 l/s - das entspricht einer Schmutzwassermenge von ca. 8.000 EGW - ausgelegt.

Sie bestehen aus einem Belebungsbecken mit einem Nutzinhalt von 460 m³, einem Nachklärbecken mit 300 m³ bzw. einem Schlammstabilisierungsbecken mit 220 m³ Inhalt. Über ein Teilungsbauwerk kann man entweder einen oder mehrere Klärblöcke in Betrieb nehmen. Das Abwasser tritt dabei tangential in den äußeren Ring - dem Belebungsbecken - ein.

Nach einer Belüftungszeit von durchschnittlich 5 Stunden durch Mammutrotoren gelangt dieses durch Maueröffnungen in das Nachklärbecken, wobei nach Bedarf der abgesetzte Belebtschlamm über Pumpaggregate wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt werden kann. Der Überschussschlamm wird nach den Erfordernissen in ein völlig autonomes, nur über eine Druckleitung beschickbares und im Zentrum gelegenes Becken geleitet.

Die aerobe Schlammstabilisierung erfolgt je nach Witterungsverhältnissen durch Käfigwalzen innerhalb von 14 Tagen. Nach dieser Behandlung wird der Klärschlamm mit einem TS-Gehalt < 2 % in die Eindicker abgelassen. Dort wird er derzeit auf TS-Gehalte von 3 bis 5 % eingedickt und kommt in einen Schlammstabilisierungsbecken.

Die einzelnen ARA werden in einem regelmäßigen Abstand von einer mobilen Kammerfilterpresse angefahren und der angesammelte Schlamm wird auf TS-Gehalte von 26 bis 32 % entwässert. Derzeit werden die Kläranlagen Mürz I bis III in einem drei Wochen Rhythmus angefahren wobei die Kammerfilterpresse durchschnittlich 2 Tage auf der jeweiligen Anlage bleibt. Den Rest der Woche ist die Kammerfilterpresse in Kapfenberg stationiert.

Die entwässerten aeroben Klärschlämme werden in 7 m³ Containern zur MBR Allerheiligen gebracht und biologisch behandelt kompostiert bzw. bei Bedarf von einer konzessionierten Verwertungsfirma vererdet (36 - 50 m³ pro Woche).

In der ARA Mürz I - Langenwang befinden sich 3 Klärblöcke = 24.000 EGW,
die ARA Mürz II - Wartberg ist mit 2 Klärblöcken = 16.000 EGW,
die Gruppenkläranlage Mürz III - St. Marein ist mit 3 Klärblöcken = 24.000 EGW
und die ARA Mürz IV - Kapfenberg ist mit 4 Klärblöcken = 32.000 EGW
ausgestattet.

Als Bemessungsgrundlage für die Einwohnergleichwerte wurden nicht die damals üblichen 54 g BSB₅/EW•d (heute 60 g BSB₅/EW•d) herangezogen, sondern 74 g BSB₅/EW•d. Dieser Umstand trägt nach Auskunft des Mürzverbands entscheidend dazu bei, dass die ARA trotz Überlastung (ARA Kapfenberg bis zu 147 % Auslastung) teilweise noch sehr gute Reinigungsleistungen erzielen. So werden beispielsweise eine BSB₅-Reduktion von 95 bis 98 % erreicht.

2.2.2. Änderungen gemäß WRG-Novelle [5]

Bedingt durch die Wasserrechtsgesetznovelle 1990 bzw. der 1. AEV für kommunales Abwasser müssen die ARA des Mürzverbands umgebaut werden, um die verschärften Anforderungen zu erfüllen. Eine Erweiterung der ARA Kapfenberg auf 49.000 EGW ist bereits abgeschlossen. Dabei wurden zwei weitere Nachklärbecken errichtet, die alten Becken wurden zu Vorbelebungs- und kombinierte Denitrifikationsbecken umgebaut, eine Phosphatelimination gebaut, eine stationäre Membranfilterpresse errichtet, eine Faulung des aeroben Klärschlammes gebaut (2 Faultürme) und ein großes Belebungsbecken errichtet. Die Bauarbeiten wurden Anfang 2000 abgeschlossen. In Kapfenberg wurden weiters ein Zentrallabor errichtet und der Sandfang umgebaut. Die Anlage wird den Vollbetrieb 2001 aufnehmen.

Nacheinander werden die anderen Kläranlagen ebenfalls mit je einem Faulturm und Nitrifikations-/Denitrifikationsbecken ausgestattet (Wartberg verfügt bereits über eine mehr oder weniger geordnete Nitrifikation - Denitrifikation) und es soll eine Phosphatelimination erfolgen. Die anfallenden Klärschlämme werden mit der bereits vorhandenen mobilen Kammerfilterpresse auch weiterhin entwässert. Etwa im Jahr 2000 wird mit dem Umbau auf der Kläranlage Langenwang (Mürz I) begonnen. Der Umbau der Kläranlage soll etwa Ende 2002 abgeschlossen sein. Die ARA in St. Marein (Mürz III) wird nach Beendigung der Umbauarbeiten auf der Kläranlage Langenwang (Mürz I) in den Jahren 2003 bis 2005 modernisiert. Als letzte Kläranlage wird die Anlage in Wartberg (Mürz II) umgebaut. Die Umbauarbeiten werden etwa 2007 abgeschlossen sein. Es ist auch geplant die Kapazität dieser Anlage auf 24.000 EGW zu erhöhen.

3 Feste Reststoffe der Abwasserbehandlung

3.1. Begriffliche Abgrenzung [6]

Klärschlamm ist nach KOPPE (1990) die Sammelbezeichnung für den auf kommunalen Abwasserreinigungsanlagen anfallenden und vom Abwasser abgetrennten Anteil an ungelösten Stoffen (Schwimm- und Sinkstoffe).

Hiervon ausgenommen ist das Rechen-, Sieb- und Sandfanggut. Prinzipiell unterscheidet man zwischen den im Abwasser vorhandenen originären Feststoffteilchen aus dem menschlichen Lebensbereich (z.B. Küchenabfälle, Fäkalien) und solchen, die erst in biologischen Behandlungsstufen durch biochemische Umwandlung organischer Verbindungen entstanden sind. Die chemische Zusammensetzung dieser beiden Schlammtypen ist grundsätzlich verschieden.

Klärschlamm ist im Sinne des § 2 (I) Abfallwirtschaftsgesetzes nicht gefährlicher Abfall und fällt somit in den Kompetenzbereich der Länder. In der ÖNORM S 2100 (Abfallkatalog) sind unter der Schlüsselnummer 945 Stabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischer Abwasserbehandlung, soweit sie nicht in anderen Positionen enthalten sind, unter der Schlüsselnummer 94501 anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) und unter der Schlüsselnummer 94502 aerob stabilisierter Schlamm ausgewiesen.

Daneben gibt es noch verschiedene andere Schlammarten, die nachfolgend aufgelistet werden:

Tabelle 3.1: Schlammarten und deren Schlüsselnummern (ÖNORM S 2100)

Art des Schlammes	Schlüsselnummer
nicht stabilisierte Schlämme aus der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung	943
Rückstände aus der Kanalisation und Abwasserbehandlung	947
Schlämme aus der Abwasserbehandlung	948

Die verschiedenen Schlammarten nach ÖNORM S 2100 werden in Kapitel 3.2 näher beschrieben. Nachfolgend werden die verschiedenen Schlammarten im Laufe einer Abwasserreinigungsanlage beschrieben

Die Schlammbehandlung auf einer Abwasserreinigungsanlage ist ein wesentlicher Behandlungsvorgang und dient in erster Linie der Qualität der Reinigungsleistung und orientiert sich in weiterer Folge am angestrebten Verwertungs- und Entsorgungsweg.

Entsprechend den Herkunftsstellen oder Betriebszuständen sind folgende Schlammtypen zu unterscheiden:

- Rohschlamm (Frischschlamm): unbehandelter Schlamm
- Primärschlamm: Schlamm aus der Vorklärung
- Sekundärschlamm: Schlamm aus der Belebungsanlage und dem Tropfkörper
- Faulschlamm: Schlamm, der z.B. durch ein anaerobes Verfahren stabilisiert wurde
- Belebtschlamm: Schlamm aus Belebungsanlagen mit hoher Dichte an Mikroorganismen (Bakterien, Protozoen usw.)
- Rücklaufschlamm: Anteil des Belebtschlammes, der kontinuierlich ins Belebungsbecken zurückgepumpt wird, damit dort die zum Abbau erforderliche hohe Bakteriendichte vorliegt.
- Überschussschlamm: Überschüssiger Anteil an Belebtschlamm, der nicht mehr zu Abbauzwecken eingesetzt wird. In der Regel gelangt er mit dem Primärschlamm in den Faulbehälter.
- Nachklärschlamm: Rücklaufschlamm und Überschussschlamm
- Schwimmschlamm: Primärer Schwimmschlamm enthält überwiegend Feststoffpartikel (z.B. Haare, Kork, Kunststoffteilchen usw.), deren Dichte kleiner als die von Wasser ist und daher den Schlamm aufschwimmen lässt. Beim sekundären Schwimmschlamm entsteht aufgrund von Denitrifikationsprozessen elementarer Stickstoff, der als feine Gasbläschen an Schlammflocken angelagert wird, die diese dann flotieren lassen.

3.2. Schlammarten nach ÖNORM S 2100

3.2.1. Nichtstabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischer Abwasserbehandlung (943)

Hierbei handelt es sich um Roh- bzw. Frischschlamm. In diese Gruppe fallen u. a. Fäkalschlämme aus Hauskläranlagen und Sammelgruben. Diese Schlämme können aufgrund ihrer chemikalischen Eigenschaften (pH-Wert, Leitfähigkeit etc.) nur in dosierten Mengen dem Abwasser in Kläranlagen beigegeben werden. Auch Vorklärschlamm und Überschussschlamm aus der biologischen Abwasserbehandlung fallen unter diese Gruppe, soweit sie nicht einer weiteren Behandlung in der Abwasserreinigungsanlage unterliegen.

3.2.2. Stabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischer Abwasserbehandlung (945)

Hierbei handelt sich um Schlamm der anaerob (94501) oder aerob (94502) stabilisiert wurde. Dieser Schlamm kann nach einer Verringerung des Wassergehaltes einer geordneten Entsorgung zugeführt werden. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird ausschließlich Schlamm dieser Gruppe einer weiteren Bewertung unterzogen.

3.2.3. Rückstände aus der Kanalisation und Abwasserbehandlung ausgenommen Schlämme (947)

Hierbei handelt es sich z.B. um Rechengut und Sandfanggut im Rahmen der mechanischen Vorklärung (z.B.: Damenbinden, Windeln, Steine, Sand etc.). Des weiteren fallen Rückstände aus der Kanalreinigung (Straßensplitt, Straßenkehricht etc.) und Inhalte aus Fettfängen in diese Gruppe.

3.2.4. Schlämme aus der Abwasserbehandlung (948)

In diese Gruppe falle alle Schlammarten aus der Abwasserbehandlung, soweit sie nicht in anderen Positionen enthalten sind.

4. Kompostierung von kommunalem Klärschlamm

Die Kompostierung von kommunalen Klärschlämmen wird in Österreich bereits seit Jahrzehnten angewandt. Sie wird sehr oft gemeinsam mit der Restmüllkompostierung durchgeführt. Die beiden Komponenten Restmüll und Klärschlamm haben sehr gute, einander ergänzende, Eigenschaften (C/N Verhältnis, Wassergehalt). Als Beispiele für kombinierte MBR seien die MBR in Siggerwiesen/Salzburg und in Allerheiligen/Steiermark genannt. Die Anlage in Allerheiligen wird im folgenden näher beschrieben. Sie soll stellvertretend für alle modernen kombinierten MBR näher betrachtet werden.

4.1.1. Beschreibung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage (MBR) Allerheiligen [2]

Die mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage Allerheiligen ist heute eine der modernsten Anlagen dieser Art in Österreich. Sie wurde Anfang 1996 nach umfangreichen Modernisierungsarbeiten auf dem Gelände der alten Müll-Klärschlammkompostierungsanlage in Betrieb genommen.

In zwei getrennten Verarbeitungslinien können biogene Abfälle einerseits und Restmüll gemeinsam mit Klärschlamm andererseits behandelt werden. Als biogene Abfälle werden Küchen- und Gartenabfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen bezeichnet, die getrennt eingesammelt werden und sich zur Kompostierung eignen. Restmüll ist derjenige Abfall, der in Haushalten u.ä. nach der getrennten Erfassung von Glas, Papier und Pappe, Metallverpackungen, Verpackungen aus Kunst- und Verbundstoffen, Textilien, biogenen Abfällen und Problemstoffen anfällt.

In 9 BAS-Rottetunneln können ca. 23.600 Mg Abfälle pro Jahr verrottet werden, wobei sich die Gesamtkapazität folgendermaßen auf die beiden Verarbeitungslinien aufteilt:

Verarbeitungslinie I (Biomülllinie): 6.500 Mg/a (3 Tunnel) und

Verarbeitungslinie II (Restmülllinie): 17.100 Mg/a (6 Tunnel),
davon: ca. 5.000 Mg/a Klärschlamm.

Die Untersuchungen, die im Rahmen des „Pilotprojektes zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung“ an der MBR durchgeführt werden, beziehen sich ausschließlich auf die Verarbeitungslinie II. Daher wird im folgenden nur diese Linie beschrieben.

Die wesentlichen Behandlungsschritte sind

- die mechanische Vorbehandlung,
- die Intensivrotte und
- die Extensivrotte.

Mechanische Vorbehandlung

Restmüll

Der in Sammelfahrzeugen angelieferte Restmüll wird auf einer Brückenwaage verwogen und in der Anlieferungshalle in den Tiefbunker abgekippt. Von dort wird er mit einem Greifer zur Zerkleinerung in einer Hammermühle weitergegeben. Das daran anschließende Transportband passiert einen Magnetscheider, mit dem der ferromagnetische Anteil des Restmülls abgetrennt wird. Er besteht überwiegend aus Eisenschrott und wird einer entsprechenden Verwertung zugeführt.

Das restliche Material gelangt in eine Siebtrommel. Der Siebüberlauf mit einer Korngröße größer 80 mm enthält einen großen Anteil an Textilien, Kunststoffen und kunststoffhaltigen Verbundstoffen. Daraus ergibt sich der hohe Heizwert dieser Fraktion, die auch zur thermischen Verwertung geeignet ist. Derzeit wird sie deponiert.

Der Siebdurchgang, also der Restmüll < 80 mm, wird biologisch behandelt.

Klärschlamm

Klärschlamm wird als entwässerter Filterkuchen (Flockungsmittel bzw. -hilfsmittel vorwiegend FeCl_3 bzw. Polyelektrolyt) in stichfester Form mit 25 - 30 % TS über die neue Aufgabereinrichtung (Mischzerkleinerer) übernommen. Der Klärschlamm hat in qualitativer Hinsicht den Anforderungen der Klärschlammverordnung, bzw. den Anforderungen an die landwirtschaftliche Verwertbarkeit zu entsprechen. Zukünftig wird der Klärschlamm nach Ende der Ausbauarbeiten auf den einzelnen Kläranlagen in ausgefalter Form vorliegen.

Die Entleerung aus den Containern erfolgt in den entsprechend groß ausgeführten Aufgabetrichter (24 m^3 , Transportleistung 10 - 20 Mg/h) vor dem Mischzerkleinerer. Von dem Aufgabetrichter aus wird der Klärschlamm über eine Förderschnecke der Misch-Zerkleinerungseinrichtung zugeführt. In äquivalenten Mengen (Gewichtserfassung) erfolgt die Zudosierung von Strukturmaterial.

Intensivrotte

Der erste Abschnitt der biologischen Behandlung ist die 14-tägige Intensivrotte im geschlossenen BAS-Rottetunnel.

Zunächst werden Restmüll und Klärschlamm gemischt. Dazu wird der Restmüll mit einem Radlader in den Aufgabetrichter befördert (Abbildung 4.1) und von dort in den Mischzerkleinerer dosiert (Abbildung 4.2). Der Klärschlamm wird aus den Containern in einen separaten Aufgabeschacht gegeben. Von dort wird er mit einem Schneckenförderer (Abbildung 4.3) in den Mischzerkleinerer transportiert und mit dem Restmüll vermischt.

Je nach angefallener Klärschlammmenge bildet die Mischung aus 19 - 35 Mg Klärschlamm und 61 - 84 Mg Restmüll den Input für einen Rottetunnel, im folgenden als Charge bezeichnet. Die Feuchtsubstanz einer Charge beträgt ca. 100 Mg. Dabei schwankt das Mischungsverhältnis von Restmüll (Wassergehalt ca. 30 % bis 45 %) zu Klärschlamm meist zwischen 65:35 und 80:20 (Massenanteile). Vom Mischzerkleinerer wird das Material mit Transportbändern in einen der Tunnel gefüllt. Das letzte Förderband ist teleskopartig gestaltet, so dass der Tunnel gleichmäßig befüllt werden kann.



Abbildung 4.1: Restmüllaufgabe mittels Radlader

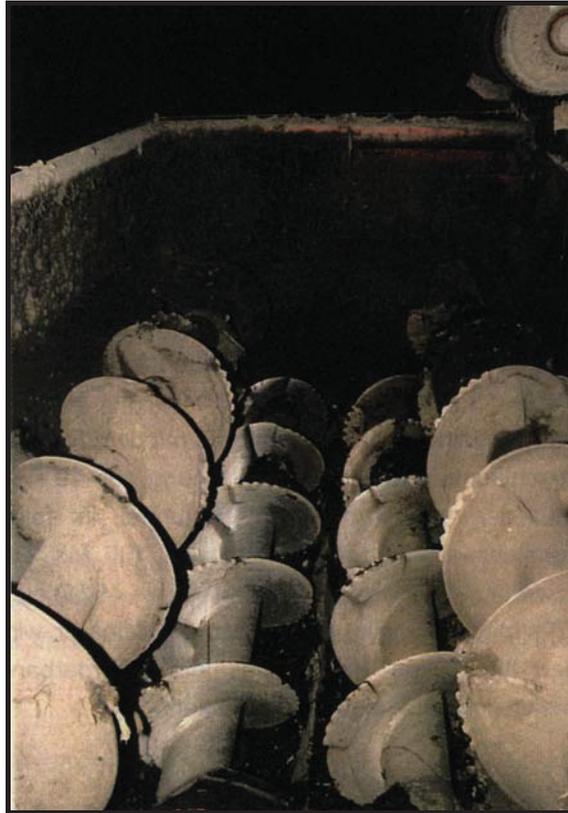


Abbildung 4.2: Mischzerkleinerer



Abbildung 4.3: Schneckenförderer

Zur optimalen Steuerung des Rotteverlaufs werden folgende Parameter gemessen und mit PC-Unterstützung geregelt:

- Zu-, Um- und Abluftmengen (Druckbelüftung)
- Temperatur von Zuluft und Rottegut
- Sauerstoffgehalt in der Umluft
- Wassermenge

Zur Hygienisierung wird während der ersten drei Tage eine Temperatur von ca. 65°C eingehalten, danach wird sie auf ca. 48°C abgesenkt. Der Tunnel wird mit bis zu 10.000 m³ Luft/h zwangsbelüftet, wobei das Frischluft-/ Umluft-Verhältnis den Anforderungen entsprechend eingestellt werden kann. Der Rotteprozess ist durch eine negative Wasserbilanz gekennzeichnet, so dass zur Aufrechterhaltung der mikrobiellen Aktivität während der Intensivrotte nachbefeuchtet werden muss. Der zusätzliche Wasserinput setzt sich aus Frischwasser (Leitungswasser) und dem Perkolat der Intensiv- und Extensivrotte zusammen.

Nach zwei Wochen wird der Tunnel entleert. Da der Rostboden des Tunnels mit einem Schleppnetz aus Polyethylen ausgelegt ist, geschieht das relativ einfach mit Hilfe einer Seilwinde. Das Schleppnetz wird aus dem Tunnel herausgezogen und das darauf liegende Rottegut mit einem Förderband abtransportiert.

Extensivrotte

Zur anschließenden Extensivrotte wird jede Charge für vier Wochen auf einer saugbelüfteten Rotteplatte zu einer Tafelmiete aufgesetzt. In dieser Zeit erfolgt weder ein Umsetzen oder sonstige Durchmischung des Materials noch eine Bewässerung. Daher liegt der Wassergehalt des Rottegutes am Ende der Extensivrotte meist nur bei ca. 30 %, z.T. auch darunter.

Nachrotte

Um die Einhaltung der Grenzwerte für den oberen Heizwert und die Stabilitätskriterien gewährleisten zu können ist eine weitere Nachrotte nötig. Diese Nachrottezeit kann zwischen 6 und 16 Wochen dauern. Am Ende dieser Nachrottezeit ist eine Absiebung auf 12 bis 24 mm notwendig. (je nach Inputmaterial)

Deponierung

Die Fraktion < 12 bis 24 mm kann momentan noch direkt deponiert werden. Nach dem Jahr 2004 ist dies erst nach Einhaltung der Grenzwerte für den oberen Heizwert und der Stabilitätskriterien möglich.

Die reine Monokompostierung erfolgt in modernen Anlagen ähnlich. Die Behandlungsdauer richtet sich nach dem Einsatzzweck des kompostierten Materials. (Deponierung, landwirtschaftliche Verwertung etc.)

4.1.2. Vorteile von kompostiertem Klärschlamm

- Kompostierter und weitgehend biologisch mineralisierter Klärschlamm besitzt gegenüber entwässertem Faulschlamm im wesentlichen folgende Vorteile (diese Aufzählung zeigt die generellen Vorteile, je nach Anlage können einige dieser Punkte entfallen. In Allerheiligen ist z.B. die Verwendung von Klärschlammkompost im Landschafts- und Gartenbau eher unwahrscheinlich):
- Hygienisierung von für Mensch und Tier schädlichen Krankheitserregern und Wurmeiern, von Pflanzenschädlingen, sowie Inaktivierung von Pflanzensamen und austriebsfähigen Pflanzenteilen. Dies wird durch eine genau definierte Hygienisierungsphase während des, meist 2-wöchigen, Intensivrottevorganges erreicht.
- Reduktion der Mengen (Masse) durch Rotteverluste (Abbau der organischen Substanz in CO₂ und Wasser) auf rund 30% der Masse. Das Verfahren kann auch als biologische Trocknung betrieben werden. Dieser Umstand wäre für eine eventuelle Vortrocknung des Klärschlammes vor einer thermischen Verwertung interessant. Die bestehende Anlage könnte nur durch Veränderung von einigen Rotteparametern weiter betrieben werden. Dies stellt einen hohen Grad der Investitionskosten-sicherung dar.
- Lagerfähigkeit, durch Reduktion des Sauerstoffbedarfes und der Fäulnisfähigkeit. Das aus der Behandlung mittels Intensivrottemodule gewonnene Material lässt sich viel leichter verarbeiten und die Geruchsentwicklung lässt sich weitgehend hintanhalt.
- breiteres Anwendungsspektrum im kompostierten Zustand, verwertbar ähnlich Mutterboden (Humus) oder als Substrat oder Substratkomponente im Landschafts- und Gartenbau aufgrund der dann gegebenen Pflanzenverträglichkeit, aber auch als Bodenverbesserungsmittel. Dieser Faktor ist vor allem für eine reine Monoklärschlamm-Kompostierung von Bedeutung.

- Geruchsneutral durch Verminderung der Fäulnisfähigkeit. Dieser Umstand ist besonders wichtig, da die Nachbarn der Verbandsdeponie besonders sensibel auf etwaige Geruchsbelästigungen reagieren. Es wird von Seiten des Mürzverbands angestrebt, das aus früheren Tagen belastete Verhältnis mit den Anrainern zu verbessern. Dies ist sicher ein Schritt in die richtige Richtung.
- Abbau organischer Schadstoffe, durch Mineralisierung von hochmolekularen Biopolymeren (Aromaten, Aliphaten, PCBs, PAKs, DDX, HCH, Fetten,...)
- Einbindung der mineralisierten Nährstoffe in stabile organische Verbindungen (Ton - Humuskomplexe, Nähr- und Dauerhumus)

5. Stand der Verwertung und Entsorgung kommunaler Klärschlämme

Im folgenden Kapitel wird der Stand der Verwertung und Entsorgung kommunaler Klärschlämme in Österreich, in den Bundesländern, der Steiermark im Speziellen, in den Bezirken Bruck an der Mur und Mürzzuschlag und vor allem im Mürzverband behandelt.

5.1. Österreich, Ist-Situation im Jahr 1991

Aus der Behandlung kommunaler Abwässer stammen rund 170.000 Mg TS. Dies entspricht einer Menge von 570.000 Mg bei 30 % TS. Wobei derzeit folgende Verwertungs- und Entsorgungswege beschrrieben werden [6]:

- rund 18 % werden in der Landwirtschaft,
- rund 5 % im Landschaftsbau verwertet,
- rund 4 % werden kompostiert und anschließend zur Rekultivierung bzw. für Deponieabdeckungen verwendet,
- rund 34 % thermisch behandelt,
- rund 35 % nach der Entwässerung deponiert und
- rund 4 % einer sonstigen Behandlung zugeführt (vor allem Zwischenlager).

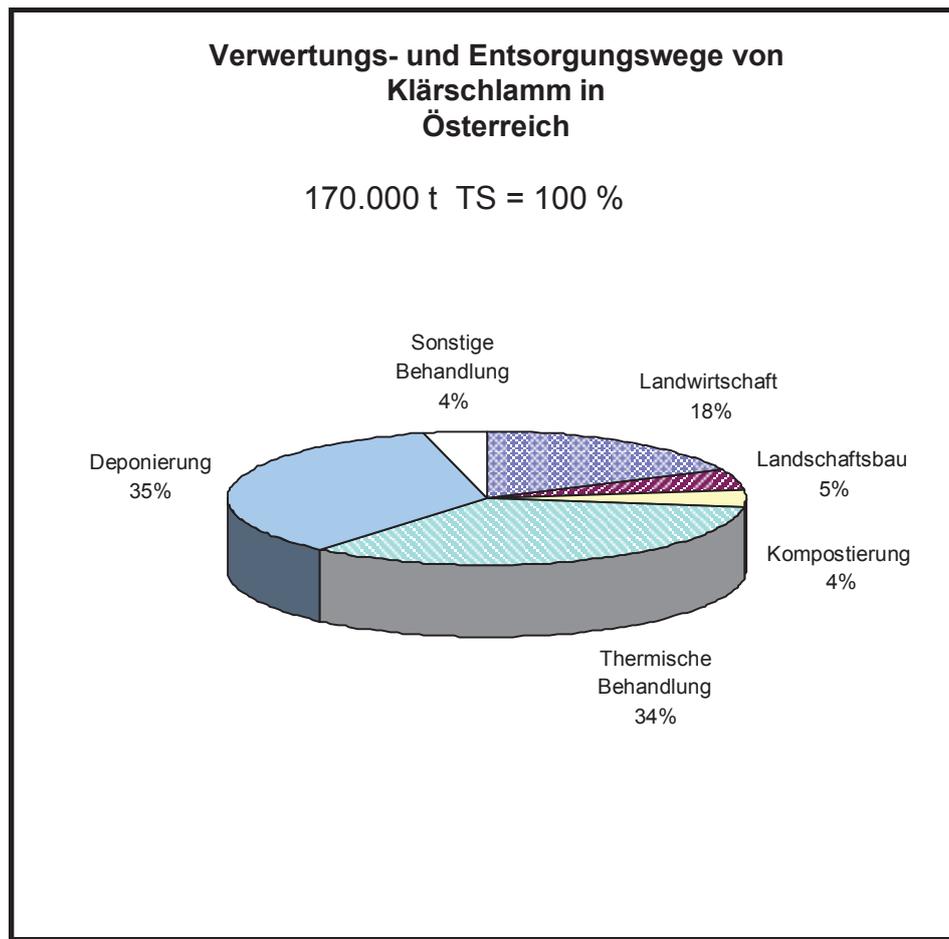


Abbildung 5.1: Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm in Österreich [6].

5.2. Kommunaler Klärschlamm nach Bundesländern, Ist-Zustand 1991

Die Situation des Klärschlammaufkommens sowie dessen Verwertung bzw. Entsorgung stellt sich regional sehr unterschiedlich dar. Die in der Landwirtschaft verwerteten Klärschlammmassen sind in Kärnten (16 %) und in Niederösterreich (18 %) relativ gering, während in Vorarlberg (72 %) und im Burgenland (68 %) dieser Verwertungsweg eine große Rolle spielt. Dies ist vor allem deswegen interessant, da in Vorarlberg nur 1,4 % der kartierten Fläche als weitgehend tolerant ausgewiesen sind. Im Burgenland sind dies immerhin 16,9 %.

Die Kompostierung von Klärschlamm hat in Salzburg (57 %) einen hohen Stellenwert, der erzeugte Klärschlammkompost wird anschließend zur Deponieabdeckung verwendet.

Der hohe Anteil des verbrannten Schlammes (34 %) geht zum größten Teil auf die Kläranlage der Stadt Wien (EbS) zurück, die den anfallenden Klärschlamm zur Gänze thermisch verwertet. In Kärnten wird kommunaler Klärschlamm teilweise in der Industrie (Zellstofffabrik Frantschach, Spanplattenwerk Funder) mitverbrannt (26 %), in Vorarlberg zum Teil getrocknet.

Die Deponierung von entwässertem Klärschlamm stellt jedoch nach wie vor in allen anderen Bundesländern den wesentlichsten Entsorgungspfad dar (Oberösterreich 75 %, Niederösterreich 53 %, Steiermark 68 %) [6].

In Niederösterreich werden 26 % des Klärschlammes zwischengelagert. Sollte diese Tendenz zum Zwischenlagern von Klärschlamm hier weiter anhalten, so dürfte es in den nächsten Jahren zu einer kritischen Zuspitzung des Entsorgungsproblems von Klärschlamm kommen.

In diesem Zusammenhang sei auf die Tabelle 5.1 verwiesen.

Bundesland	Klärschlamm [to]	Landwirtschaft [%]	Deponie [%]	Verbrennung [%]	Kompostierung [%]	Sonstiges [%]	Anmerkungen
Burgenland	8.998	68	32				
Kärnten	5.950	16	56	26			Verbrennung = 2 Mitverbrennung in der Industrie
Niederösterreich	18.500	18	53			1	26 Sonstiges = Zwischenlager
Oberösterreich	28.700	21	75			4	Klärschlammkomp. anlage in Wels im Bau
Salzburg	8.200	33	10			57	zentrale Kompostierung in Siggerwiesen
Steiermark	18.700	19	68			6	
Tirol	13.420	59	41			7	
Vorarlberg	10.600	72	28				
Wien	56.669			100			zentrale Verbrennung bei den ESB Simmering
Gesamt	169.737	23	35	34	4	4	
Mengen, gesamt [to]		38236	59548	58216	7129	6238	

Tabelle 5.1: Kommunaler Klärschlamm 1991 und die Verarbeitungswege in Prozenten

5.3. Kommunaler Klärschlamm in der Steiermark, Ist-Zustand 1994 [7]

Im Jahre 1994 betrug die Kapazität der kommunalen Kläranlagen rund 1,8 Mio. EGW, 1994 waren steiermarkweit 218 biologische Abwasserreinigungsanlagen in Betrieb.

Aus der Behandlung kommunaler Abwässer stammen rund 76.000 m³ Klärschlamm bei einem mittleren Trockensubstanzgehalt von 35 %. Dies entspricht einer Feststoffmasse von rund 27.000 Mg/a, wobei derzeit folgende Verwertungs- und Entsorgungswege besprochen werden:

- rund 18 % werden in der Landwirtschaft,
- rund 12 % werden kompostiert und anschließend zur Rekultivierung bzw. für Deponieabdeckungen verwendet oder einer sonstigen Behandlung zugeführt,
- rund 70 % nach der Entwässerung deponiert.

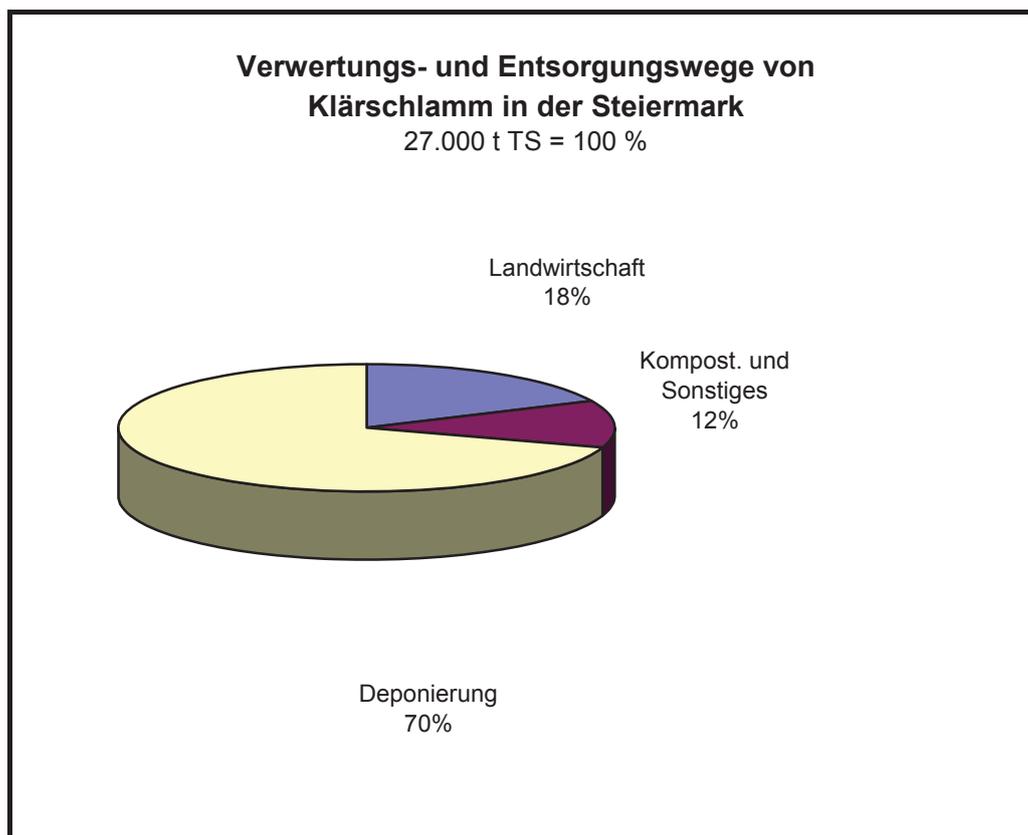


Abbildung 5.2: Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm in der Steiermark

Ziele der Wasser- und Abfallwirtschaft in der Steiermark (Entwurf der Stmk. Klärschlammkonzeptes) [7]

Im Entwurf eines Stmk. Klärschlammkonzeptes wird als politische Zieldefinition das Stmk. Grundwasserschutzprogramm (Beschluss der Stmk. Landesregierung vom 7.1.1987) an die Spitze gestellt.

Dieses Programm schreibt die Erstellung eines Klärschlammkonzeptes, einschließlich Entsorgung von Sammelgrubeninhalten und Fäkalschlämmen aus Kleinkläranlagen vor.

Eine Überarbeitung ergibt sich aus den zwischenzeitlich erfolgten Änderungen (Bundes- und landesgesetzliche Bestimmungen) und den damit verbundenen Randbedingungen.

Als Ziel des Klärschlammkonzeptes wird:

- einwandfreie Verwertung und
- geordnete Entsorgung des Klärschlammes

unter Berücksichtigung der geltenden Gesetze im Interesse des Gewässer- und Grundwasserschutzes definiert.

Zusammengefasst werden folgende Zielsetzungen formuliert:

- Klärschlämme aus Abwasserreinigungsanlagen dürfen nur ohne Gefährdung der Umwelt (insbesondere des Grundwassers) entsorgt werden:
 - 1) Die Entsorgung soll möglichst durch eine Rückführung in natürliche oder künstliche Stoffkreisläufe erfolgen
 - 2) Aufbringen von Klärschlamm und Klärschlammkompost auf landwirtschaftlich genutzten Flächen
 - 3) Verwendung von Klärschlammkompost bzw. Klärschlammmerden im Landschaftsbau
- Thermische Behandlung von Klärschlamm und sonstigen Klärwerksabgängen, die nicht in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt werden können, sowie Ablagerung der anfallenden Rückstände
- Ablagerung von Klärschlamm gemäß Leitlinien der Abfallwirtschaft so wie der Richtlinien für die Ablagerung von Abfällen
- Behandlung von Abwässern und Klärschlämmen aus Haus- und Kleinkläranlagen in hierfür ausgestatteten Abwasserreinigungs- bzw. Schlammbehandlungsanlagen

Eine zunehmend zu entsorgende Menge von Sammelgrubeninhalten, Schlämmen aus mechanischen und biologischen Hauskläranlagen wird zusätzliche anlagen- und betriebstechnische Maßnahmen bei Reinigungsstufen und Schlammbehandlungsanlagen (z. B. Übernahmestationen, Stabilisierungsanlagen, Entwässerungsanlagen) erfordern.

Die Umsetzung der Umweltgesetze und Verordnungen (z.B. 1. AEV für Kommunales Abwasser, BGBl. 1996/210) wird beträchtliche finanzielle Aufwendungen zur Folge haben. Eine Finanzierbarkeit der Maßnahmen wird nur möglich sein, wenn Planungen vorausschauend und koordiniert erstellt, funktionierende Organisationsstrukturen geschaffen und öffentliche Förderungsmittel im notwendigen Ausmaß zur Verfügung gestellt werden.

Für viele kleinere Abwasserverbände stellen die Anpassungsmaßnahmen an die neuen Umweltgesetze und Verordnungen ein beinahe nicht zu lösendes Problem dar. Diese Abwasserverbände haben sehr wenige Mitglieder die Beiträge zahlen können. Sie müssen aber Investitionen in der Höhe von einigen Hunderttausend Schilling bis zu zweistelligen Millionenbeträgen aus ihrem Budget tätigen und die Finanzmittel teilweise auf dem freien Kapitalmarkt aufnehmen.

Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung wird zu Dünge- und Bodenverbesserungsmaßnahmen im Sinne eines natürlichen Kreislaufes, als anstrebenswert dargestellt. Jedoch werden die begrenzenden Faktoren:

- Begrenzungen durch das Stmk. Bodenschutzgesetz und die Stmk. Klärschlammverordnung
- Verbot des Ausbringens von Klärschlamm in Grundwasserschongebieten
- Bedenken der Landwirtschaft gegen die Ausbringung von Klärschlamm generell

festgestellt.

Dennoch wird die Zweckmäßigkeit der landwirtschaftlichen Verwertung weitgehend unbelasteter Klärschlämme betont. Dazu werden als vorlaufende Schritte:

- Schadstoffvermeidung bei den Abwasseremittenten
- Verwertung von Klärschlämmen, besonders aus dezentralen ländlichen Abwasserentsorgungsgebieten unter Einschränkung der Nassschlammausbringung, genannt.

Bei der Kompostierung von Klärschlamm ist zu berücksichtigen, dass die Zielsetzungen des Müllwirtschaftskonzeptes zukünftig eine flächendeckende Biomüll- und Grünkompostierung vorsehen. Eine gemeinsame Kompostierung von Klärschlamm und Biomüll ist nicht generell anzustreben.

Die Kompostierung von Klärschlamm stellt aber eine geeignete Form der qualitativen Verbesserung des Schlammes in Hinblick auf Hygiene, den möglichen Einsatz in der Landwirtschaft zur Bodenverbesserung bzw. im Landschaftsbau, um das Deponievolumen zu schonen und den geforderten oberen Heizwert von 6.000 KJ/kg TS gemäß Deponieverordnung zu erreichen, dar.

Die Hauptforderungen der Abwasserwirtschaft, der Wasserwirtschaft und der Abfallwirtschaft sollen noch einmal aufgelistet werden:

- Vermeidung im Sinne der Hintanhaltung von Schadstoffen im Abwasser (Stichwort: Indirekteinleiter), dies soll durch verschärfte Indirekteinleiterverordnungen erreicht werden. Es soll auch versucht werden in den Betrieben durch die Umstellung von Produktionsverfahren einen geringeren Schwermetalleintrag in das Abwasser zu erreichen.
- Einordnung in Kreisläufe, soweit derzeit realisierbar (v.a. für betriebliche und industrielle Abwässer)
- Verwertung vor Entsorgung
- Entlastung landwirtschaftlich genutzter Flächen durch Klärschlammvererdung im Landschaftsbau, insofern als die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Flächen nicht die einzige Verwertungsstrategie sein soll.
- Entwässerung von Klärschlamm steht vor einer Ausbringung von Nassschlamm
- Vermeiden der Deponierung von Klärschlamm, auch in entwässerter Form.

Langfristig wäre auch die thermische Behandlung von Klärschlamm, sofern in der Steiermark geeignete Anlagen dafür zur Verfügung stehen, in Entsorgungs- und Verwertungsstrategien einzubeziehen.

Ob sich eine thermische Klärschlammbehandlung in der Steiermark realisieren lässt bleibt abzuwarten, da bei solchen Projekten mit Bürgerinitiativen gegen das jeweilige Projekt zu rechnen ist, die die Ausführung des jeweiligen Projektes sehr oft zumindest behindern, oft sogar verhindern.

5.3. Bezirke Bruck an der Mur und Mürzzuschlag im Jahr 1995

Neben den Kläranlagen des Mürzverbands werden in den Bezirken Bruck an der Mur und Mürzzuschlag noch eine ganze Reihe weiterer kommunaler ARA betrieben, die bei konzeptionellen Überlegungen im Bereich der Klärschlammverwertung und Entsorgung zu berücksichtigen sind. Aus diesem Grund wird im folgenden der derzeitige Stand der Abwasserentsorgung und Klärschlammfall für die beiden genannten Bezirke und damit für das primäre Einzugsgebiet der Anlage zur MBVRD in Allerheiligen dargestellt. Da hierzu eine im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung erstellte Studie vorliegt [8], wird auf die relevanten Passagen zurückgegriffen, wobei weitere Zusatzinformationen eingearbeitet wurden.

5.4.1. Bezirk Bruck an der Mur

Der Bezirk Bruck liegt zwischen den Bezirken Leoben, Mürzzuschlag und Graz-Umgebung und wird von den Flussläufen der Mur, Mürz und Salza durchzogen.

Von rund 68.200 Einwohnern des Bezirkes Bruck sind derzeit 61.500 an die öffentliche Kanalisation angeschlossen, was einem Entsorgungsgrad von 90 % entspricht. Es existieren 12 kommunale Abwasserreinigungsanlagen mit wasserrechtlichen Bescheiden für mehr als 100 EGW.

Tabelle 5.2: Anfallende Klärschlammengen auf der Basis der in der Praxis relevanten TS-Gehalte

ARA	TS _{derzeit}	Klärschlammmenge in Mg/a bezogen auf			
	Gew.%	TS _{derzeit}	5 % TS	35 % TS	100 % TS
Aflenz Kurort	19,8	210	832	119	42
Breitenau	25	340	1.700	243	85
Bruck	30	750	4.500	643	225
Kapfenberg Mürz IV	30	3.200	19.200	2.743	960
Mixnitz	25	55	275	39	14
Pernegg	25	300	1.500	214	75
St. Marein Mürz III	28	1.030	5.770	824	288
Thörl	33	250	1.650	236	83
Tragöß	20	65	260	37	13
Tragöß-II-Unterort	20	65	260	37	13
Turnau	5	600	600	86	30
Turnau-Seewiesen	2	160	64	9	3
Ø bzw. Summe	26	7.025	36.611	5.230	1.831

Zur besseren Vergleichbarkeit werden die anfallenden Klärschlammengen in Tabelle 5.2 für die in der Praxis relevanten Bezugsgrößen angegeben. Dies sind zu einen der derzeitige reale TS-Anteil mit dem der Klärschlamm die ARA verlässt und zum anderen die reine Trockensubstanzmenge.

Die Klärschlammengen werden für einen TS-Gehalt von 5 % berechnet, der in der Regel nach der Eindickung des Überschussschlamms erreicht wird und werden zusätzlich für einen TS-Gehalt von 35 % angegeben, der heute vielfach die Voraussetzung für die Deponierung darstellt.

Die anlagenspezifischen Angaben zur derzeitigen Praxis der Verwertung bzw. Entsorgung können Abbildung 5.3 entnommen werden. Zur Zeit wird der Klärschlamm (als Nassschlamm) nur in Aflenz und Turnau landwirtschaftlich verwertet, dies entspricht einem Anteil von 12 %, 46 % des Klärschlamms wird kompostiert.

Unter die Rubrik sonstige Verwertung (37 %) fallen die Klärschlämme der Abwasserreinigungsanlage Breitenau (Vererdung), Bruck (Verwertung durch eine Leobner Firma), Turnau Seewiesen (Verwertung über den Mürzverband) und ein Teil der Klärschlämme des Mürzverbands (Entsorgung durch eine konzessionierte Firma). Der Klärschlamm aus Tragöß, Tragöß II und Thörl wird deponiert (5 %).

Bezogen auf die Trockensubstanz werden 51 % kompostiert, 6 % deponiert, 4 % in der Landwirtschaft verwertet und 39 % werden einer sonstigen Verwertung zugeführt.

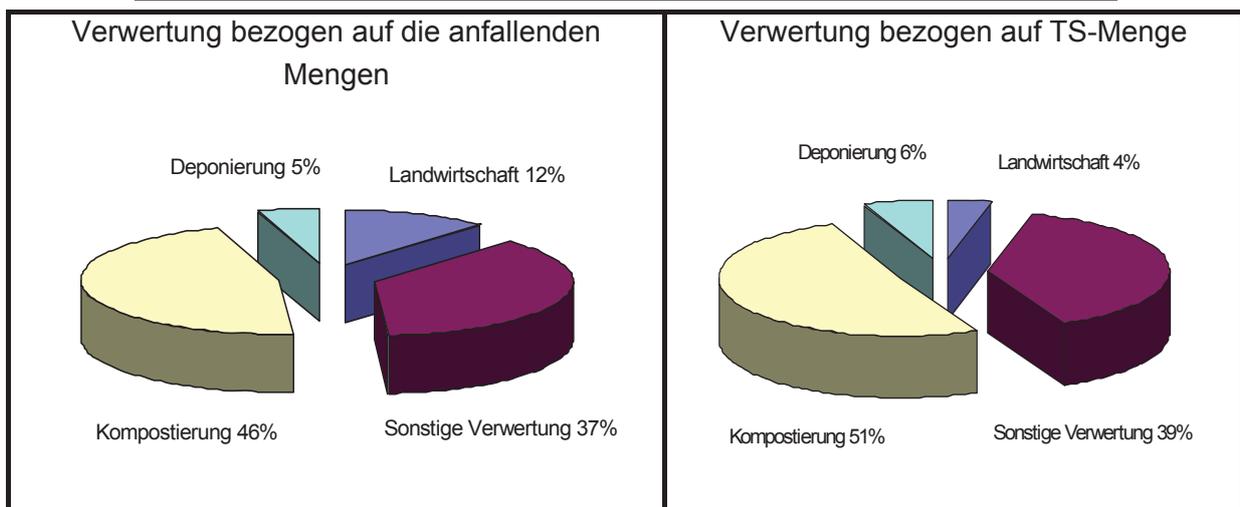
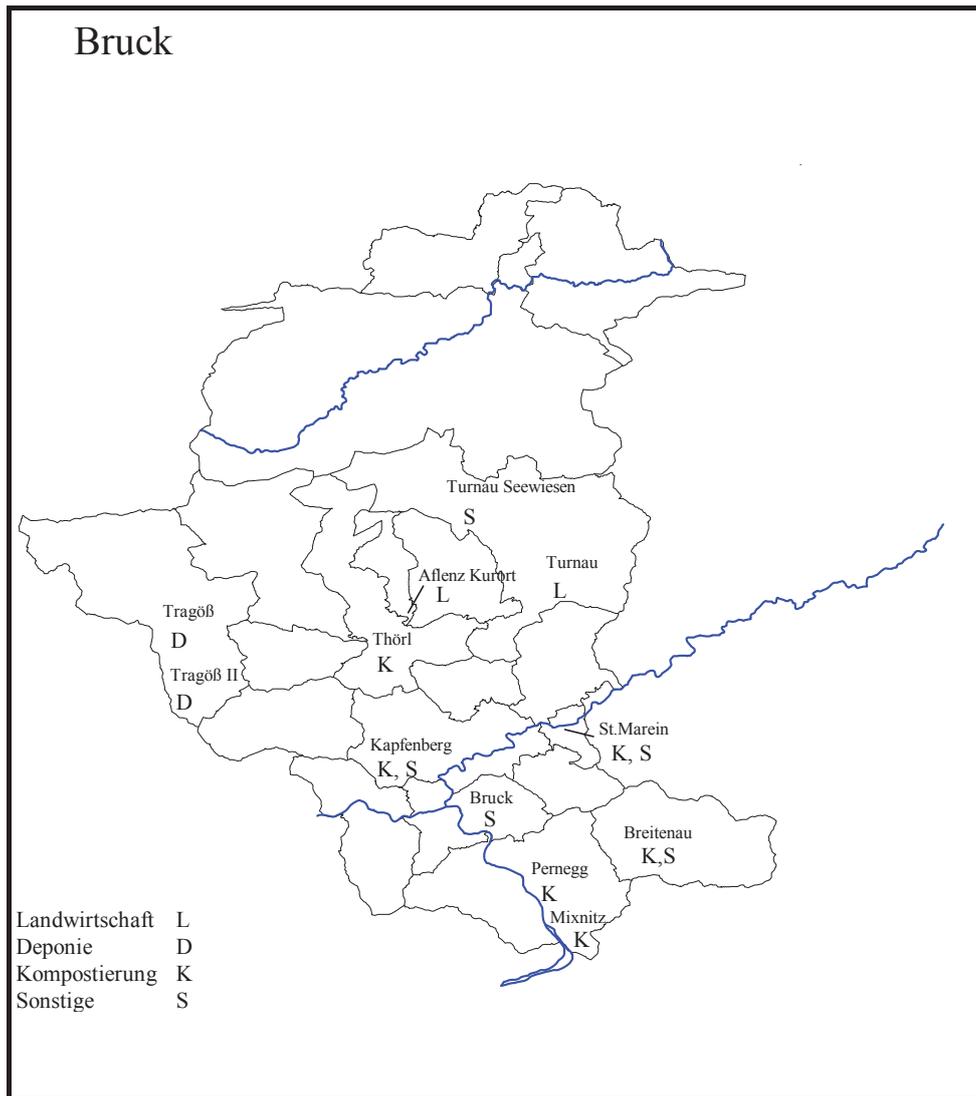


Abbildung 5.3: Derzeitige Verwertungs- bzw. Entsorgungspraxis für die kommunalen Klärschlämme aus dem Bezirk Bruck

5.4.2. Mürzzuschlag [9]

Der Bezirk Mürzzuschlag liegt am östlichen Ende des Einzugsgebietes Mur-Mürz und wird durch den Flusslauf der Mürz durchzogen. Von rund 45.000 Einwohnern des Bezirkes sind derzeit 39.400 an die öffentliche Kanalisation angeschlossen, was einem Entsorgungsgrad von über 87 % entspricht.

Es existieren 3 kommunale Abwasserreinigungsanlage mit wasserrechtlichen Bescheiden für mehr als 100 EGW

Zur besseren Vergleichbarkeit werden die anfallenden Klärschlammengen in Tabelle 5.3 für die in der Praxis relevanten Bezugsgrößen angegeben. Dies sind zu einen der derzeitige reale TS-Anteil mit dem der Klärschlamm die ARA verlässt und zum anderen die reine Trockensubstanzmenge. Die Klärschlammengen werden für einen TS-Gehalt von 5 % berechnet, der in der Regel nach der Eindickung des Überschussschlammes erreicht wird und werden zusätzlich für einen TS-Gehalt von 35 % angegeben, der heute vielfach die Voraussetzung für die Deponierung darstellt.

Tabelle 5.3: Anfallende Klärschlammengen auf der Basis der in der Praxis relevanten TS-Gehalte

	TS _{derzeit}	Klärschlammmenge in Mg/a bezogen auf			
	Gew. %	TS _{derzeit}	5 % TS	35 % TS	100 % TS
Ganz 1	5	8	8	1	0
Langenwang Mürz I	30	775	4.650	664	232
Wartberg Mürz II	28	906	5.080	726	254
Ø bzw. Summe	29	1.689	9.738	1.391	486

Die anlagenspezifischen Angaben zur derzeitigen Praxis der Verwertung bzw. Entsorgung kann Abbildung 5.4 entnommen werden. Zur Zeit wird der Klärschlamm (als Nassschlamm) aus Ganz I landwirtschaftlich verwertet, dies entspricht einem Anteil von lediglich 0,5 %.

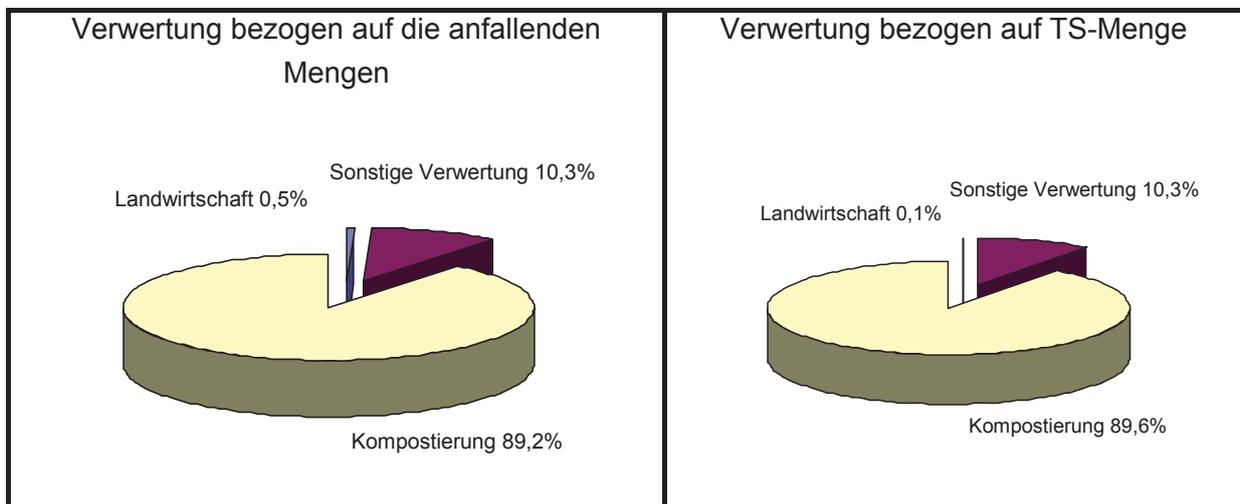


Abbildung 5.4: Derzeitige Verwertungs- bzw. Entsorgungspraxis für die kommunalen Klärschlämme aus dem Bezirk Mürzzuschlag

Der Klärschlamm aus Langenwang und Wartberg wird zum größten Teil in der MBR Allerheiligen kompostiert (89,2 %) der Rest (10,3 %) wird einem konzessionierten Entsorger zugeführt.

Auf die Trockensubstanz bezogen werden 0,1 % landwirtschaftlich verwertet, 89,6 % werden kompostiert und 10,3 % einer sonstigen Verwertung zugeführt.

5.5. Klärschlamm Entsorgung im Mürzverband [5]

Im Jahre 1995 betragen die Kapazitäten der 4 kommunalen Kläranlagen des Mürzverbands/Verbandsbereich Abwasserbeseitigung rund 96.000 EGW.

Aus der Behandlung kommunaler Abwässer stammen rund 6.000 m³ Klärschlamm bei einem mittleren Trockensubstanzgehalt von 25 bis 30 % (je nach Kläranlage). Dies entspricht einer Feststoffmasse von rund 1.700 Mg/a, wobei derzeit die in Abbildung 5.5 dargestellten Verwertungs- und Entsorgungswege beschriftet werden:

- rund 68 % werden gemeinsam mit Restmüll in der MBR Allerheiligen biologisch behandelt und anschließend deponiert oder zur Rekultivierung bzw. für Deponiezwischenabdeckungen verwendet,
- rund 32 % werden von einer konzessionierten Verwertungsfirma vererdet, dabei handelt es sich hauptsächlich um Klärschlamm der Kläranlage Mürz IV (Kapfenberg)

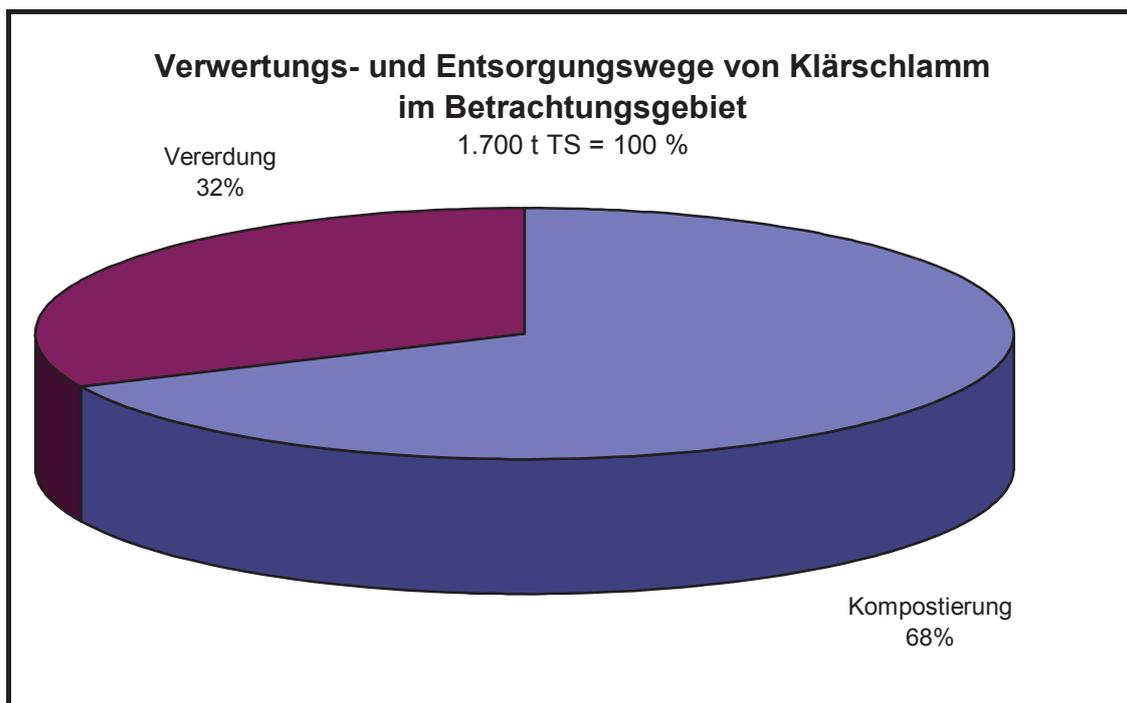


Abbildung 5.5: Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm im Untersuchungsgebiet

Die Situation im Untersuchungsgebiet wird sich in nächster Zeit grundsätzlich ändern, da im Rahmen der Anpassung an die Emissionsverordnungen auf allen Kläranlagen des Mürzverbands/Verbandsbereich Abwasserbeseitigung umfangreiche Bauarbeiten durchgeführt werden. Die Bauarbeiten beinhalten die Integration der Phosphatelimination, Nitrifikation/Denitrifikation und der anaeroben Klärschlammbehandlung (Faulung) in den Anlagenbetrieb.

Die kleineren ARA der Bezirke Bruck an der Mur und Mürzzuschlag werden hier nicht berücksichtigt, da sie nicht dem Mürzverband/Verbandsbereich Abwasserbeseitigung angehören.

Die gewerblichen Abwasserbehandlungsanlagen im Verbandsgebiet wurden nicht berücksichtigt. Ein Beispiel für eine gewerbliche ARA ist die Betriebskläranlage der Papierfabrik Bruck a. d. Mur (Firma Norske Skog).

5.5.1 Behandlung des Klärschlammes bis 1994

Bis 1994 wurde dem Restmüll ein Teil des Klärschlammes während der Kompostierung auf der MBR Allerheiligen in Form von Nassschlamm beigemischt. Der größte Anteil wurde jedoch direkt auf der verbandseigenen Deponie abgelagert.

5.5.2 Behandlung des Klärschlammes ab 1995

Seit 1995 wird der Klärschlamm dem Restmüll wie in Kapitel 4.1.1 näher erläutert als entwässerter Klärschlamm beigegeben. Überschüssige Mengen, die über die Kapazität der MBR Allerheiligen hinausgehen werden einem konzessionierten Entsorger übergeben und von diesem einer Entsorgung bzw. Verwertung zugeführt. Die Auswahl des konzessionierten Entsorgers erfolgt nach dem Bestbieterprinzip, sowohl in ökonomischer, wie auch in ökologischer Hinsicht.

6. Prognose des künftigen Klärschlammanfalls

6.1. Entwicklung der Klärschlammmassen in Österreich [6]

Im Gegensatz zum Müllaufkommen, bei dem ein erhebliches Vermeidungspotential vorhanden ist, steigt die Klärschlammproduktion unaufhaltsam an. Bei der Abschätzung des zukünftig zu erwartenden Klärschlammanfalls gehen folgende Gesichtspunkte in die Betrachtung ein:

- Der höhere Anschlussgrad an die öffentlichen Abwasserreinigungsanlagen führt zu steigenden Abwassermengen und höherer organischer Schmutzfracht, wodurch zwangsläufig mehr Klärschlamm anfällt.
- Der fortschreitende Ausbau der Kläranlagen und die damit einhergehende verbesserte Reinigungsleistung bringt eine Erhöhung der Klärschlammmasse mit sich.
- Die anfallende Klärschlammmasse ist nicht nur von der Abwassermenge, sondern auch von den Behandlungsverfahren abhängig.
- Die Nitrifikation/Denitrifikation zur qualifizierten Stickstoffentnahme wird den Klärschlammanfall zwar um ca. 10 % senken, die chemische Fällung zur Phosphatelimination wird ihn jedoch um über 20 % ansteigen lassen.
- Die Verbringung der Senkgrubeninhalte auf landwirtschaftliche Flächen ist heute in allen Bundesländern schon verboten und sie müssen daher in Kläranlagen eingebracht werden.

Es ist daher zu erwarten, dass das Klärschlamm-aufkommen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen bis zum Jahr 2000 um ca. 100.000 Mg Trockensubstanz zunehmen wird.

Schätzungen des UBA für das Jahr 1988 ergaben eine Klärschlammmasse von ca. 175.000 Mg Trockensubstanz. Die gegenständliche Erhebung von 1991, die sich nur auf kommunalen Klärschlamm bezieht, geht von einer Feststoffmasse von 170.000 Mg aus. Wie aus Tabelle 6.1 und Abbildung 6.1 hervorgeht ist eine Prognose für 2000, der Schätzungen aus den zu erwartenden angeschlossenen Einwohnergleichwerten bzw. Angaben der Fachabteilungen der Ämter der Landesregierungen zugrunde liegen, mit ca. 260.000 Mg Trockensubstanz anzusetzen.

Tabelle 6.1 Kommunaler Klärschlammanfall 1991 und die Prognosen für das Jahr 2000

Bundesland	Klärschlamm [Mg] für das Jahr 1991	Klärschlamm [Mg] für das Jahr 2000
Burgenland	8.998	11.000
Kärnten	5.950	12.000
Niederösterreich	18.500	36.000
Oberösterreich	28.700	34.000
Salzburg	8.200	10.000
Steiermark	18.700	25.000
Tirol	13.420	22.000
Vorarlberg	10.600	12.000
Wien	56.669	100.000
Gesamt	169.737	262.000

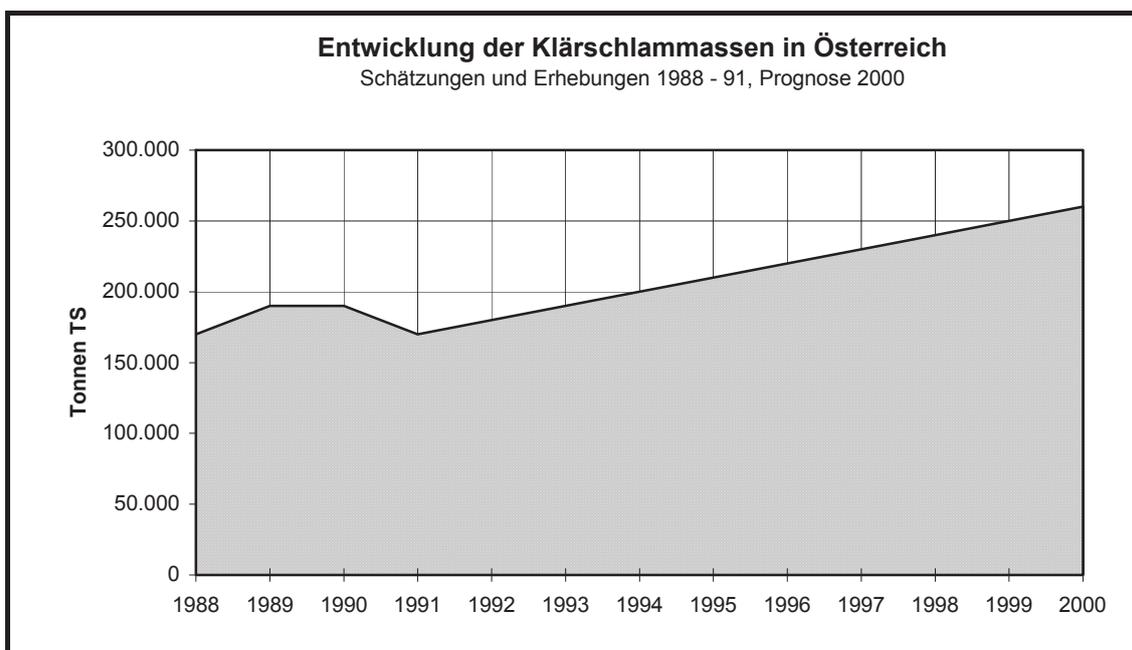


Abbildung 6.1 Zunahme der Klärschlammmassen in Österreich bis zum Jahr 2000 [6]

6.2. Prognose für die Abwasserreinigungsanlagen des Mürzverbands

Prognosen über die künftige Entwicklung der Klärschlammmassen für das Einzugsgebiet der ARA des Mürzverbands sind mit einigen Unsicherheiten behaftet. Durch die Umbauten der bestehenden ARA und den Anschluss von Gewerbebetrieben ist einerseits mit einem Ansteigen der Klärschlammmassen zu rechnen, andererseits nimmt die Einwohnerzahl im Einzugsgebiet (stark) ab und die zu errichtende anaerobe Behandlung des Klärschlammes (Faulung) auf allen Kläranlagen wird die anfallenden Klärschlammmassen reduzieren. In den nachfolgenden Kapiteln werden die wesentlichen Aspekte für die künftige Entwicklung der Klärschlammmassen diskutiert.

6.2.1. Einflussgrößen

6.2.1.1. Möglichkeiten und Grenzen der Klärschlammvermeidung

Bei den Ansätzen zur Verminderung der anfallenden Klärschlammmassen sind betriebsinterne Maßnahmen und betriebsexterne Maßnahmen zu unterscheiden.

Bei der Diskussion um kläranlageninterne Möglichkeiten zur Minimierung der Klärschlammmengen sind die beiden Fraktionen des Klärschlammes (Primär- und Überschussschlamm) zu diskutieren. Primärschlamm entsteht durch Abtrennung von Feststoffen aus dem zufließenden Rohabwasser. Dieser Anteil lässt sich nicht durch betriebsinterne sinnvolle Maßnahmen verringern. Für die Verringerung des Überschussschlammmanfalls stehen insbesondere 2 biologische Behandlungsstrategien zur Verfügung.

Überschussschlamm entsteht durch Vermehrung von Mikroorganismen in den Anlagen zur biologischen Abwasserreinigung. Etwa 50 % der aus dem Abwasser entfernten Schmutzstoffe werden bei der aeroben Abwasserreinigung in neue Zellsubstanz der Mikroorganismen umgewandelt, während die übrigen 50 % im Energiestoffwechsel (Katabolismus) als gasförmige Reaktionsprodukte anfallen. Weniger Überschussschlamm entsteht, wenn die Mikroorganismen in kurzen Zeitintervallen gezielt einem Nährstoffmangel ausgesetzt werden. Unter diesen Bedingungen werden die Bakterien dazu angeregt, in erhöhtem Maße Abwasserinhaltsstoffe im Rahmen des Katabolismus umzusetzen und weniger Zellsubstanz zu produzieren. Da die Umsetzung dieser Strategie in der Praxis noch größere Probleme bereitet und auch Nachteile, wie das Freisetzen bereits mikrobiell gebundener Schadstoffe aufweist, wird diese Methode bisher selten in ARA angewandt.

Häufig ist dagegen eine Strategie, die auf den Abbau bereits gebildeter Biomasse abzielt. Diese Vorgehensweise wird als „simultane Schlammstabilisierung“ bezeichnet. Bei der simultanen Schlammstabilisierung wird eine Senkung der Überschussschlammproduktion dadurch erreicht, dass bereits gebildete Biomasse durch höhere Organismen (Protozoen, Rotatorien, Würmer) schrittweise aufgefressen wird also eine Nahrungskette aufgebaut wird.

Das Problem dabei ist, dass durch die Fresstätigkeit höherer Organismen Bakterien, die für den Abbau organischer Substanzen, für die Nitrifikation und Denitrifikation gebraucht werden, in ihrer Zahl reduziert werden und biologische Aktivität verloren geht. Die Abwasserreinigungsprozesse werden verlangsamt und der Leistungsverlust muss durch ein größeres Beckenvolumen und damit durch höhere Investitions- und Betriebskosten kompensiert werden.

Zudem werden bereits zuvor in der Biomasse festgelegte Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, in Form von Ammonium und anderen Pflanzennährstoffen wieder freigesetzt werden. Auch daraus ergibt sich ein erhöhter Bedarf an Aufwendungen (Bauvolumen, Energiekosten). Der Gewinn in Form eines geringeren Klärschlammaufkommens wird durch erhöhte Kosten für die Abwasserreinigung erkaufte.

Die Klärschlammmenge ist direkt proportional zur Schmutzwasserfracht, die in die ARA gelangt und stellt damit den Ansatzpunkt für externe Minimierungsmaßnahmen dar. Vom Gesetzgeber wurden und werden zu diesem Zweck branchenspezifische Abwasseremissionsverordnungen erlassen, die derzeit und künftig umzusetzen sind. Insbesondere durch betriebsinterne Abwasserreinigungsmaßnahmen bei größeren industriellen Einleitern kann sowohl der Klärschlammfall minimiert als auch die Qualität der kommunalen Klärschlämme verbessert werden.

6.2.1.2. Spezifischer Klärschlammanfall

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die bei den einzelnen ARA des Mürzverbands 1996 angefallenen Klärschlammmassen. Die Mengen für den Mürzverband werden sich nach Abschluss der Umbauarbeiten auf den einzelnen Anlagen noch verändern.

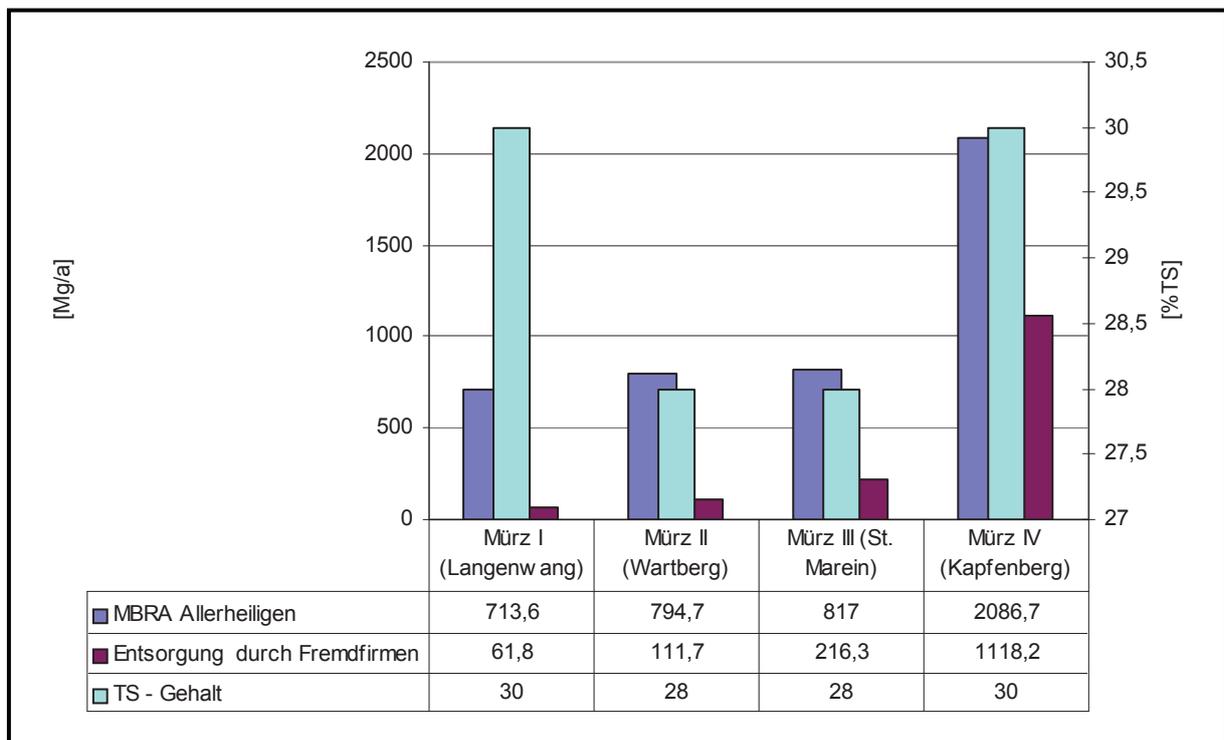


Abbildung 6.2 Klärschlammanfall der 4 ARA des Mürzverbands für das Jahr 1996

6.2.1.3. Anpassung der Abwasserreinigungsanlagen an den Stand der Technik

Die baulichen Anpassungsmaßnahmen an den Stand der Technik wurden bereits in Kapitel 2.2.2 beschrieben. In diesem Abschnitt wird nun deren Einfluss auf die Entwicklung der Klärschlammmengen behandelt. Bei den angesetzten Prozentsätzen für eine Steigerung handelt es sich um Erfahrungs- und Literaturwerte, da noch keine Anlage des Mürzverbands komplett umgebaut wurde und daher auch keine Betriebswerte vorliegen können.

Die **Nitrifikation/Denitrifikation** zur qualifizierten Stickstoffentnahme wird den Klärschlammanfall zwar um ca. 10 % senken, die chemische Fällung zur **Phosphatelimination** wird ihn jedoch um über 20 % ansteigen lassen. Für die, in den nachfolgenden Kapiteln verwendeten, Tabellen und Abbildungen wurde der Multiplikationsfaktor 1,15 gewählt.

Um dem eventuellen Anstieg der Klärschlammmassen durch die Vergrößerung der für die Biologie zur Verfügung stehenden Flächen zu berücksichtigen, wurde der Multiplikationsfaktor für die Nitrifikation/Denitrifikation und Phosphatelimination mit 1,30 bzw. 1,45 angenommen.

Dieses Argument für eine Steigerung der Klärschlammmassen steht jedoch die Tatsache entgegen, dass die Kläranlagen des Mürzverbands mit Faultürmen ausgerüstet werden sollen und es damit zu einer Reduzierung der Schlammmenge kommt. Eine **anaerobe Behandlung (Faulturm)** des Klärschlammes führt zu einer Reduktion der organischen Substanz um ca. 55 % und der Gesamtmasse um ca. 35 %. Für die folgenden Berechnungen (Tabellen und Abbildungen) wurde der Multiplikationsfaktor 0,90 für die Massenreduktion aufgrund der Faulung angesetzt, da es bereits durch die aerobe Stabilisation zu einer Massenreduktion kommt.

Der **Anstieg der Nassschlammmassen** in der Kläranlage Wartberg (diese Kläranlage wurde teilweise nach den zukünftigen Ausbauplänen umgerüstet) in den letzten Jahren ist aus Sicht des Verfassers zum großen Teil darauf zurückzuführen, dass die Anlage vorher stark überlastet war und Teile des Abwassers mehr oder weniger ungeklärt in den Vorfluter Mürz geleitet worden sein dürften. Es wurde auch die, für die Biologie zur Verfügung stehende, Fläche vergrößert. (Dies ist ein Vorwegnahme einer Maßnahme, die auf allen Anlagen des Mürzverbands durchgeführt werden wird.) Dass es auch auf den anderen Anlagen zu einem Ansteigen der Nassschlammmassen kommen wird, ist bei der Kläranlage Mürz I (Langenwang) fraglich, da die Anlage laut Angabe des Mürzverbands nur zu 86 % ausgelastet ist. Hier konnte im Vorlauf der Kläranlage ein mehr oder minder stark verdünntes Abwasser festgestellt werden. Es könnte sich hierbei eventuell auch um Fremdwassereintritt im Bereich des Kanalnetzes handeln. Ähnliches konnte im Bereich der Kläranlage Mürz II (Wartberg) festgestellt werden. Eine Überprüfung dieser Problematik durch den Mürzverband ist sicherlich sinnvoll.

Im Bereich der Kläranlage Mürz IV (Kapfenberg) ist ein Anstieg der Nassschlammmassen sehr wahrscheinlich. Diese Anlage ist bis zu 147 % ausgelastet. Inwieweit ein Anstieg der Nassschlammengen durch eine anschließende anaerobe Faulung kompensiert werden kann, bleibt abzuwarten. Genaue Daten können aber erst nach Umbau der Anlagen gewonnen werden. Als weiterer Faktor für einen zeitweiligen Anstieg der Klärschlammengen kann angenommen werden, dass die verstärkte Einleitung von Deponiesickerwässern aus der Deponie Allerheiligen und teilweise von Perkolatwässern aus der MBR Allerheiligen zu einem eventuellen Anstieg der Klärschlammengen auf der Kläranlage St. Marein (Mürz III) führen wird.

Durch Anpassung des Standards von alten Deponien an den Stand der neuen Deponieverordnung durch die Novellierung des Wasserrechtsgesetzes wird es zu einer Unterbindung der Einleitung der Deponiesickerwässer ohne vorhergehende Aufbereitung kommen.

6.2.1.4. Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsprognose der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) geht für die Bevölkerung Österreichs von einer langfristigen Zunahme oder zumindest von gleichbleibenden Zahlen aus [10]. Die ÖROK-Studie beschreibt verschiedene Szenarien, die sich in erster Linie durch die Entwicklung der Außenwanderung (Migration) und in geringerem Maße durch die durchschnittliche Kinderzahl pro Frau (Fertilität) unterscheiden. Weitere Aspekte bei der Dynamik der Bevölkerungszunahme sind die steigende Lebenserwartung sowie die Binnenwanderung.

Im Basisszenario wird für Österreich aufgrund von Wanderungs- und Geburtenüberschuss eine Zunahme der Einwohnerzahl von 7,8 Mio. (Volkszählung 1991) auf 8,2 Mio. im Jahr 2006 prognostiziert, was sich auf die einzelnen Bundesländer jedoch unterschiedlich stark auswirkt. Nach der ÖROK-Studie nimmt die Bevölkerungszahl in allen Bundesländern im Westen sowie in Ober- und Niederösterreich deutlich zu, während Regionen im Süden Österreichs, insbesondere in peripheren Bezirken, einen Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen haben. Mit einer prognostizierten Abnahme von 25 % bis zum Jahr 2021, bezogen auf die Einwohnerzahl zum Zeitpunkt der letzten bundesweiten Volkszählung 1991, zählt die östliche Obersteiermark zu den Regionen mit dem stärksten Bevölkerungsrückgang [10].

Das weniger wahrscheinliche Wachstumsszenario geht von einer Erhöhung der Geburtenzahlen, einem hohen internationalen Wanderungssaldo sowie einer erhöhten Binnenwanderung, verbunden mit der Bevorzugung bestimmter Zielregionen, aus. Dennoch ergibt sich für bestimmte Regionen weiterhin ein deutlicher Bevölkerungsrückgang. Für die östliche Obersteiermark wird beispielsweise eine Abnahme bis zum Jahr 2021 von 23 %, bezogen auf 1991, prognostiziert.

Neben den beiden genannten Szenarien beschreibt die ÖROK-Studie weitere denkbare, aber eher unwahrscheinliche Szenarien. Diese sind das Stagnations- und das Zuwanderungsszenario.

Für die nächsten fünf Jahre geht die Bevölkerungsprognose auf Grundlage des Basisszenarios für die beiden Verwaltungsbezirke Bruck a. d. Mur und Mürzzuschlag von einem leichten Rückgang aus. Demnach dürften im Jahr 2002 die Abwässer von etwa 69.500 Einwohner durch das Kanalnetz des Mürzverbands in den beiden Verwaltungsbezirken Bruck an der Mur und Mürzzuschlag entsorgt werden. Dies entspricht einer Abnahme von 3,5 % bzw. einem Indexwert von 96,5 für das Jahr 2002 (Bezugsjahr 1991). Inwieweit hier die Strukturmaßnahmen der Steiermärkischen Landesregierung gegensteuern können wird die nächste Volkszählung zeigen.

Als Basis für die an das Kanalnetz angeschlossenen Einwohner dient die Auflistung der Steiermärkischen Landesregierung über die, an das öffentliche Kanalnetz angeschlossenen, Einwohner der einzelnen Verwaltungsbezirke für das Jahr 1995.

Längerfristig ist nach dem Basisszenario mit einer weiteren Abnahme zu rechnen, so dass im Jahr 2007 die Abwässer von etwa 66.800 (Indexwert 92,9) Einwohnern durch das Kanalnetz des Mürzverbands entsorgt werden.

Auch auf lange Frist gesehen geht die o. g. Studie von weiter sinkenden Bevölkerungszahlen in beiden Verwaltungsbezirken aus. Bevölkerungsprognosen über einen derart langen Zeitraum (30 Jahre) sind jedoch mit großen Unsicherheitsfaktoren belastet, so dass sich die zu stellende Prognose für das Klärschlammaufkommen im Mürzverband auf einen kürzeren Zeitraum beziehen wird, um in einem annähernd überschaubaren Rahmen zu bleiben.

Zur Veranschaulichung ist die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung für das Einzugsgebiet des Mürzverbands in Abbildung 6.3 dargestellt. In Abbildung 6.4 wird die Bevölkerungsentwicklung im Untersuchungsgebiet für das Basisszenario dargestellt und mit der Entwicklung für Österreich sowie ausgesuchten Regionen (Steiermark, östliche Obersteiermark, Wiener Umland - nördlicher Teil) verglichen. Im Anhang A 1 bis A 3 sind die graphischen Vergleiche für die übrigen Szenarien (Wachstums-, Stagnations- und Zuwanderungsszenario) zusammengestellt.

6.2.1.5. Anschluss von Gewerbe- und Industriebetrieben

Die Rolle, die der Anschluss von Gewerbe- und Industriebetrieben bei der zukünftigen Klärschlammmassenentwicklung spielt, kann zum heutigen Zeitpunkt nur äußerst schwer abgeschätzt werden, da die weitere gewerbliche Entwicklung in den Bezirken Bruck a. d. Mur und Mürzzuschlag immer noch stark von der Metall- und metallverarbeitenden Industrie abhängt und deren zukünftige Entwicklung, stark durch die Entwicklung der Weltmarktpreise für diese Produkte beeinflusst wird. Es ist die internationale Tendenz zu beobachten, dass arbeitsintensive Prozesse in Billiglohnländer ausgelagert werden und Arbeitsplätze in den Stammwerken abgebaut werden. Firmen, die eher auf High-Tech-Technologien setzen, die längerfristig qualitativ hochwertige Arbeitsplätze sichern, siedeln sich nur zögernd an, als Beispiel für solche Industrien sei die Firma Ericsson in Kindberg genannt. Es ist anzunehmen, dass in naher Zukunft der Anschluss von neuen Gewerbe- und Industriebetrieben eher gering sein dürfte.

Als Beispiele für die zukünftige Einleitung von Betriebsabwässern in die Kanalisation des Mürzverbands seien die Firmen Vogel&Noot in Diemlach (Einleitung von Spülwässern und Wässern aus Aktivbädern; die Schmutzwasserfracht hat eine äquivalente EW120-Fracht für CSB von 1.900 EW120) und Böhler Edelstahl GmbH in Kapfenberg (Anschluss der betrieblichen Fäkalabwässer) genannt.

6.2.1.6. Verbesserung des Lebensstandard

Als Argument für ein Ansteigen der Klärschlammmassen kann die Verbesserung des Lebensstandards und der damit einhergehende Anstieg der Abwasser- und Klärschlammmengen pro Einwohner gewertet werden.

An Hand von durchschnittlichen Haushaltswasserverbräuchen in Westdeutschland soll dieses Phänomen hier kurz erläutert werden, da die Haushaltswassermenge dem Abwasseranfall pro Haushalt proportional ist. 1950 betrug der Haushaltswasserverbrauch nur 85 l/EW•d, 1978 betrug er bereits 136 l/EW•d. Heute rechnet man mit einem Verbrauch von 140 bis 160 l/EW•d oder einem Schmutzwasseranfall von 100 bis 260 l/EW•d.

Der Anstieg der Schmutzwassermengen verflacht in letzter Zeit immer mehr, da inzwischen die Maßnahmen zur Einsparung von Trinkwasser greifen. Sowohl in der Industrie (Einführung von geschlossenen Wasserkreisläufen) als auch in den Haushalten (Einführung von wassersparenden Geschirrspülern, Waschmaschinen, Toilettenspülungen etc.) sind Anzeichen dafür zu erkennen.

6.2.1.7. Anschluss von privaten Haushalten an die Kanalisation

Eine theoretische Erhöhung des Anschlussgrades von derzeit bereits ca. 93 % (dies stellt einen sehr guten Wert dar) auf 100 % kann unter ökonomischen Gesichtspunkten nur als bedingt sinnvoll bezeichnet werden. Der Anschluss von Streusiedlungen ist extrem teuer, da oft sehr lange Transportleitungen gebaut werden müssen. Teilweise müssen auch Abwasserhebeanlagen errichtet werden, um die Abwässer zur Kläranlage pumpen zu können. Hier ist es teilweise sinnvoller diesen Haushalte biologischen Kleinkläranlagen vorzuschreiben und die anfallenden Sammelgrubeninhalte den bestehenden ARA zuzuführen.

Eine theoretische Steigerungsmöglichkeit wäre am ehesten noch bei den Gemeinden im Bezirk Mürzzuschlag gegeben, da hier der Anschlussgrad bei ca. 89 % liegt. Bei den Gemeinden im Bezirk Bruck an der Mur liegt der Anschlussgrad heute bereits bei ca. 98 %.

6.2.1.8. Mitbehandlung von Sammelgrubeninhalten aus ländlichen Gebieten

Die Mitbehandlung von Sammelgrubeninhalten erfolgt bereits zentral auf der Kläranlage Wartberg (Mürz II). Hier wird bereits ein Teil der nicht durch die Kanalisation erfassten Abwässer entsorgt. Dieser Anteil wird sich voraussichtlich in den nächsten Jahren erhöhen, da das Ausbringen von Sammelgrubeninhalten verboten wurde und die Kontrollen immer besser wirken.

6.2.2. Szenarien

Nach Ansicht des Verfassers der vorliegenden Arbeit werden sich die Klärschlammmassen, wenn überhaupt nur gering erhöhen, wahrscheinlicher ist aber deren Stagnation. Dies steht im krassen Gegensatz zu der Entwicklung der Klärschlammmassen in Gesamtösterreich, die, wie in Kapitel 6.1 bereits erläutert, in den nächsten Jahren ansteigen werden. Eine endgültige Aussage über die Klärschlammmassenentwicklung im Betrachtungsgebiet kann erst nach Fertigstellung der Umbaumaßnahmen im Zuge der Anpassung an die neuen Rechtsvorschriften, zumindest der Kläranlage in Kapfenberg (Mürz IV), am besten aber aller Kläranlagen, und anschließendem wiederhergestellten Normalbetrieb, erfolgen.

Bei den Szenarien Wachstum und Zuwanderung wurde eine vollständige Auslastung der umgebauten Kläranlage Mürz IV (Kapfenberg) angenommen. Für die beiden anderen Szenarien Basis und Stagnation wurde nur die zusätzliche Einleitung von Spülwässern und Wässern aus Aktivbädern (die Schmutzwasserfracht hat eine äquivalente EW_{120} -Fracht für CSB von 1.900 EW_{120}) der Firma Vogel&Noot und Fäkalabwässer der Firma Böhler Edelstahl GmbH berücksichtigt.

Ein Szenario (KS ohne Bevölkerungsentwicklung) vernachlässigt die Bevölkerungsentwicklung im Betrachtungsgebiet und spiegelt nur die Veränderungen der Klärschlammmengen, bedingt durch die Anpassungsmaßnahmen an den Stand der Technik auf den einzelnen Anlagen, wieder.

Um die wirtschaftliche Entwicklung besser berücksichtigen zu können, wurde das Basisszenario in zwei Unterbereiche: Basisszenario + positive industrielle Entwicklung und Basisszenario + negative Entwicklung unterteilt. Als positives Wirtschaftswachstum wurden 1,50 % pro Jahr angenommen. Als Wert für das negative industrielle Wirtschaftswachstum wurde –0,5 % pro Jahr angesetzt.

Zwei weitere Szenarien berücksichtigen die Maßnahmen, die von der Steiermärkischen Landesregierung getroffen wurden, um die Bevölkerungsabwanderung zu verringern. Hier wurde ein Faktor von 2 % angenommen. Dieser Faktor wird zu dem jeweiligen Multiplikationsfaktor für das jeweilige Betrachtungsjahr dazu addiert.

In den nachfolgenden Tabellen und Diagrammen soll versucht werden die anfallenden Klärschlammmengen abzuschätzen. Wie bereits erwähnt ist die Abschätzung der Mengen mit großen Unsicherheitsfaktoren behaftet und ist sicher mit einem Schwankungsfaktor von ± 500 bis 1.000 Mg/a Klärschlamm behaftet. Genauere Angaben über die Klärschlammentwicklung der Klärschlammmassen können erst nach Ende des Probebetriebes und zumindest ein bis zweijährigen Normalbetriebes auf der Kläranlage Kapfenberg (Mürz IV) getroffen werden. Bis dahin muss auf Erfahrungswerte von ähnlichen Kläranlagen und auf Literaturwerte zurückgegriffen werden.

Um den Faktor der Bevölkerungsentwicklung im Beobachtungsgebiet besser zu veranschaulichen, wurde das Klärschlammaufkommen im Jahr 1996 als Basis für die weiteren Berechnungen genommen. Es wurde weiters angenommen, dass in allen Betrachtungsräumen die gleichen Rahmenbedingungen gelten (Umrüstungen der Kläranlagen zu den gleichen Zeiträumen, gleiche Wirtschaftsentwicklung etc.). Danach wurden die Bevölkerungsfaktoren von Österreich generell und ausgesuchten Regionen (Steiermark, östliche Obersteiermark, Wiener Umland - nördlicher Teil) von Österreich für die weiteren Berechnungen verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.5 für das Basisszenario bzw. im Anhang A4 bis A6 für die übrigen Bevölkerungsszenarien zusammengestellt. In den Abbildungen 6.6 und 6.7 wurden die Entwicklungen der Klärschlammmassen für die Bezirke Bruck an der Mur und Mürzzuschlag getrennt für alle Szenarien betrachtet.

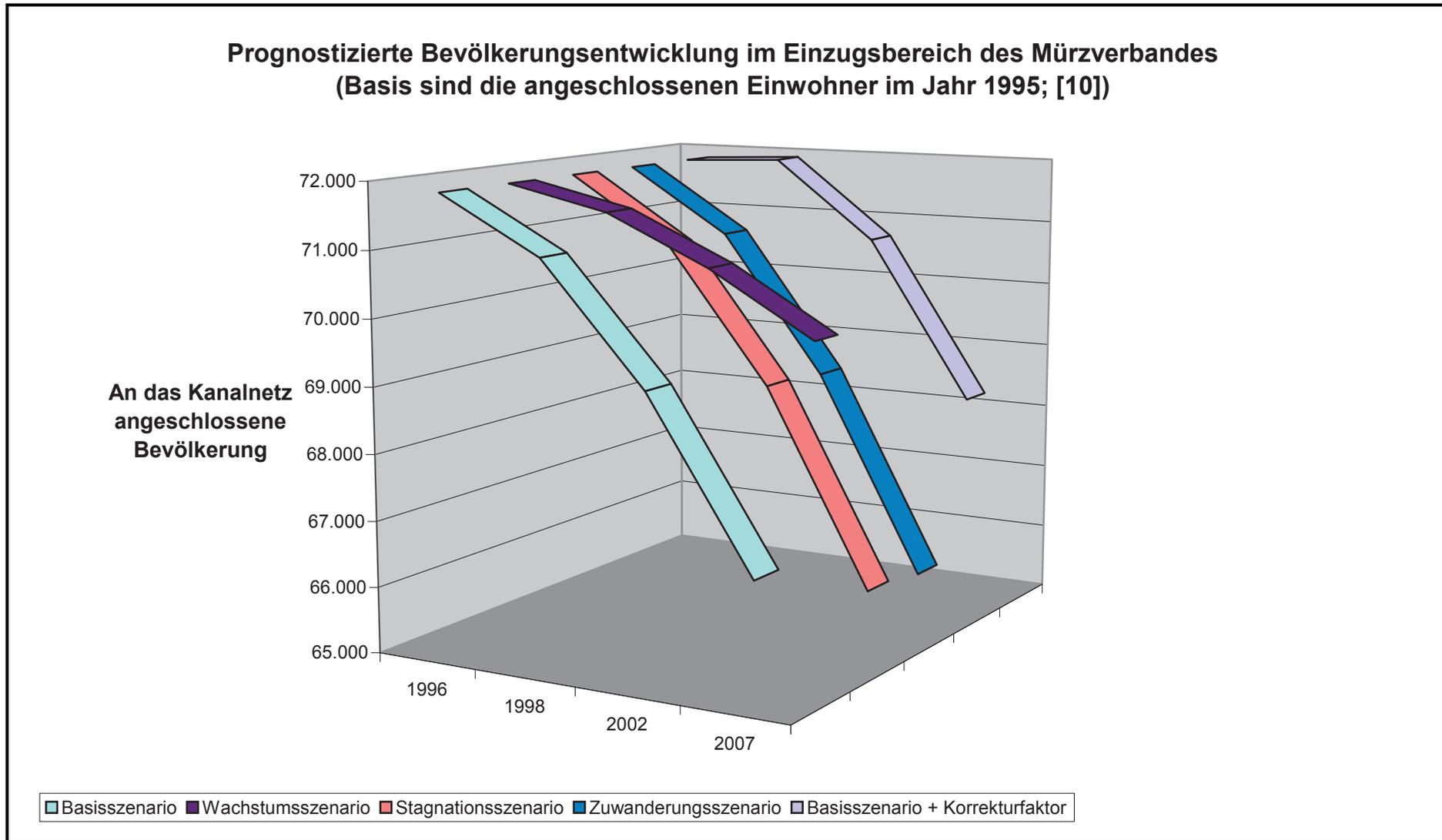


Abbildung 6.3: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung des Mürzverbands nach den verschiedenen Szenarien

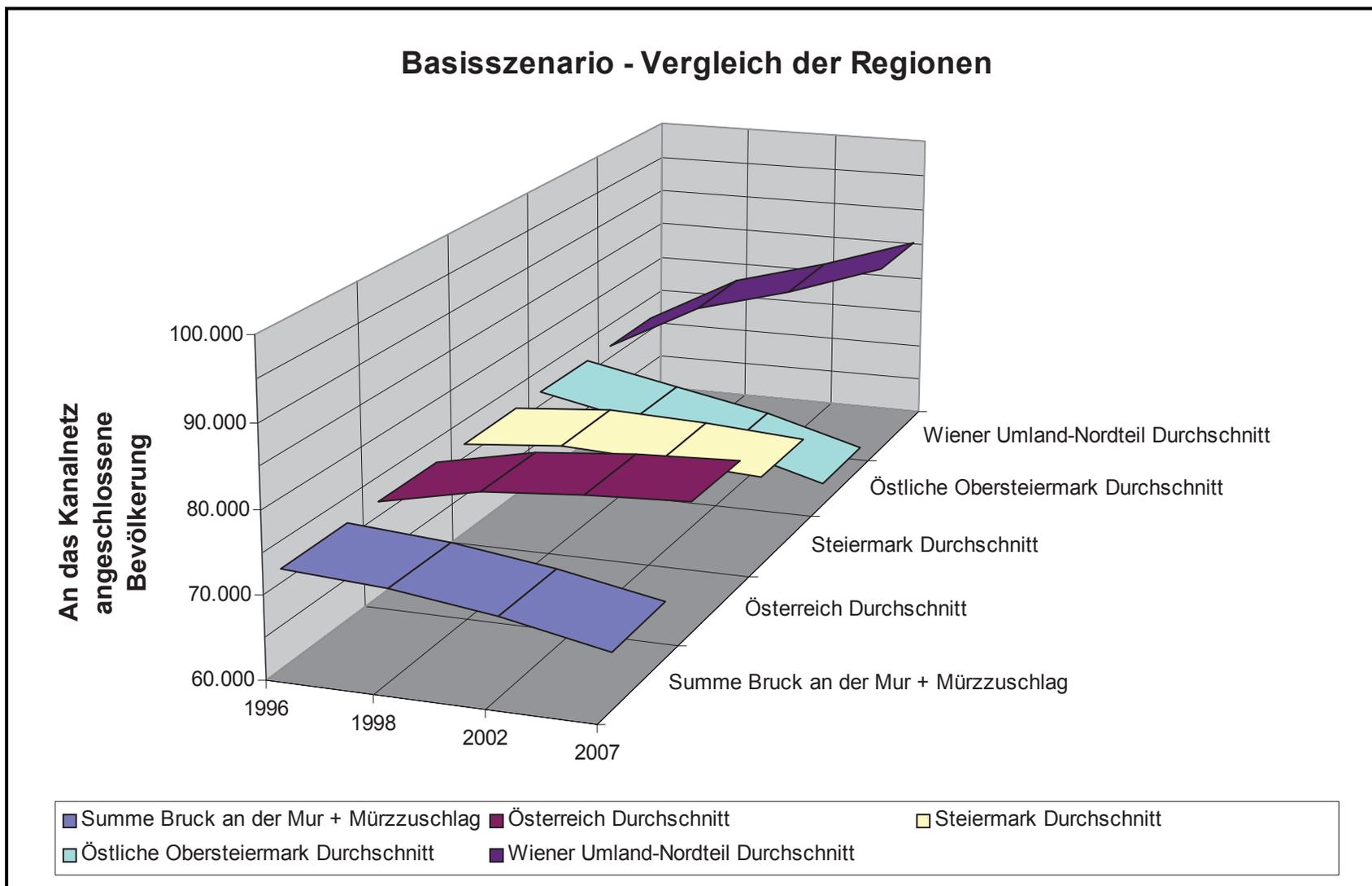


Abbildung 6.4: Basisszenario der Bevölkerungsentwicklung; Vergleich des Einzugsgebietes des Mürzverbandes mit anderen Regionen

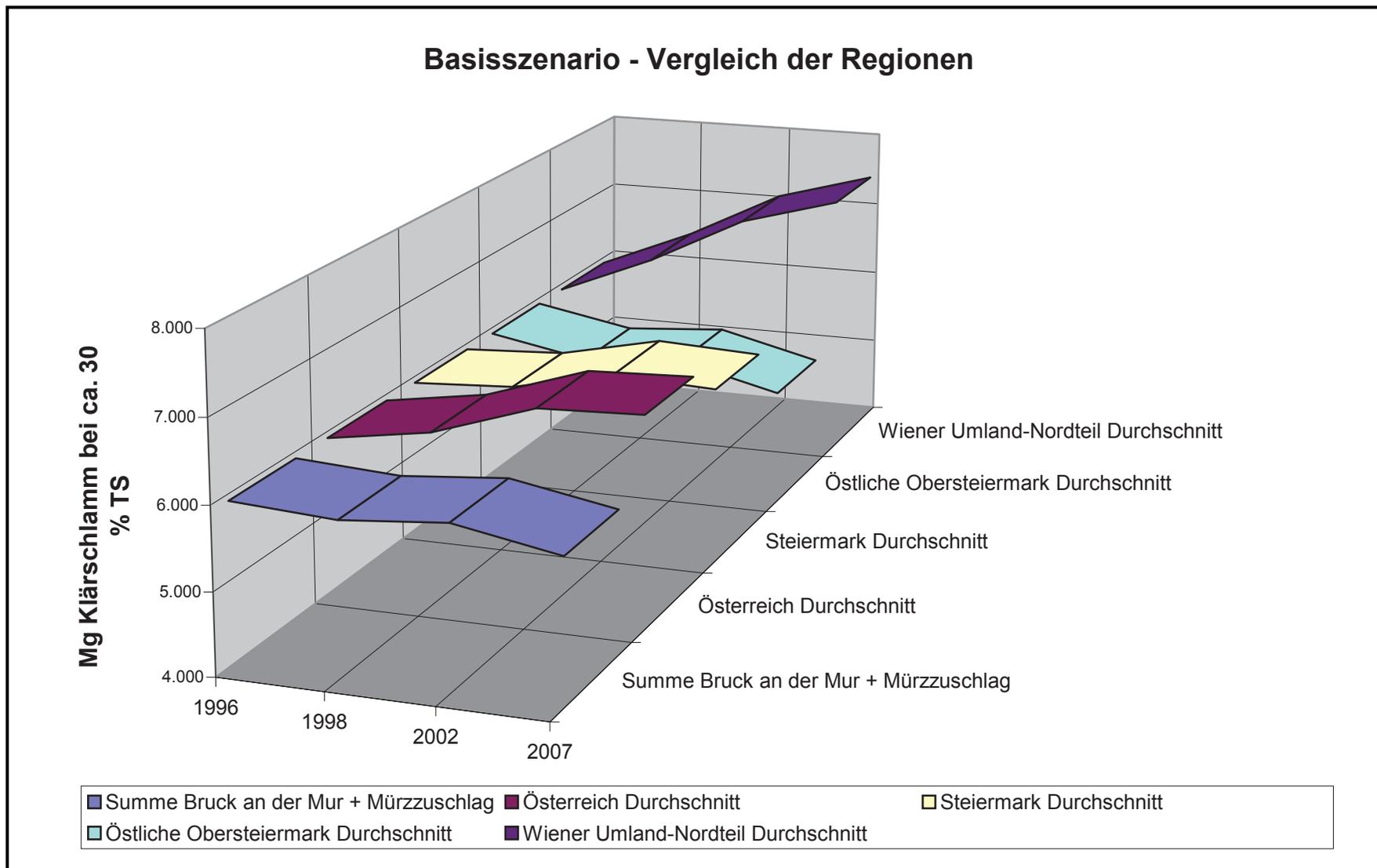


Abbildung 6.5: Entwicklung der Klärschlammmassen im Vergleich mit anderen Regionen; Basisszenario

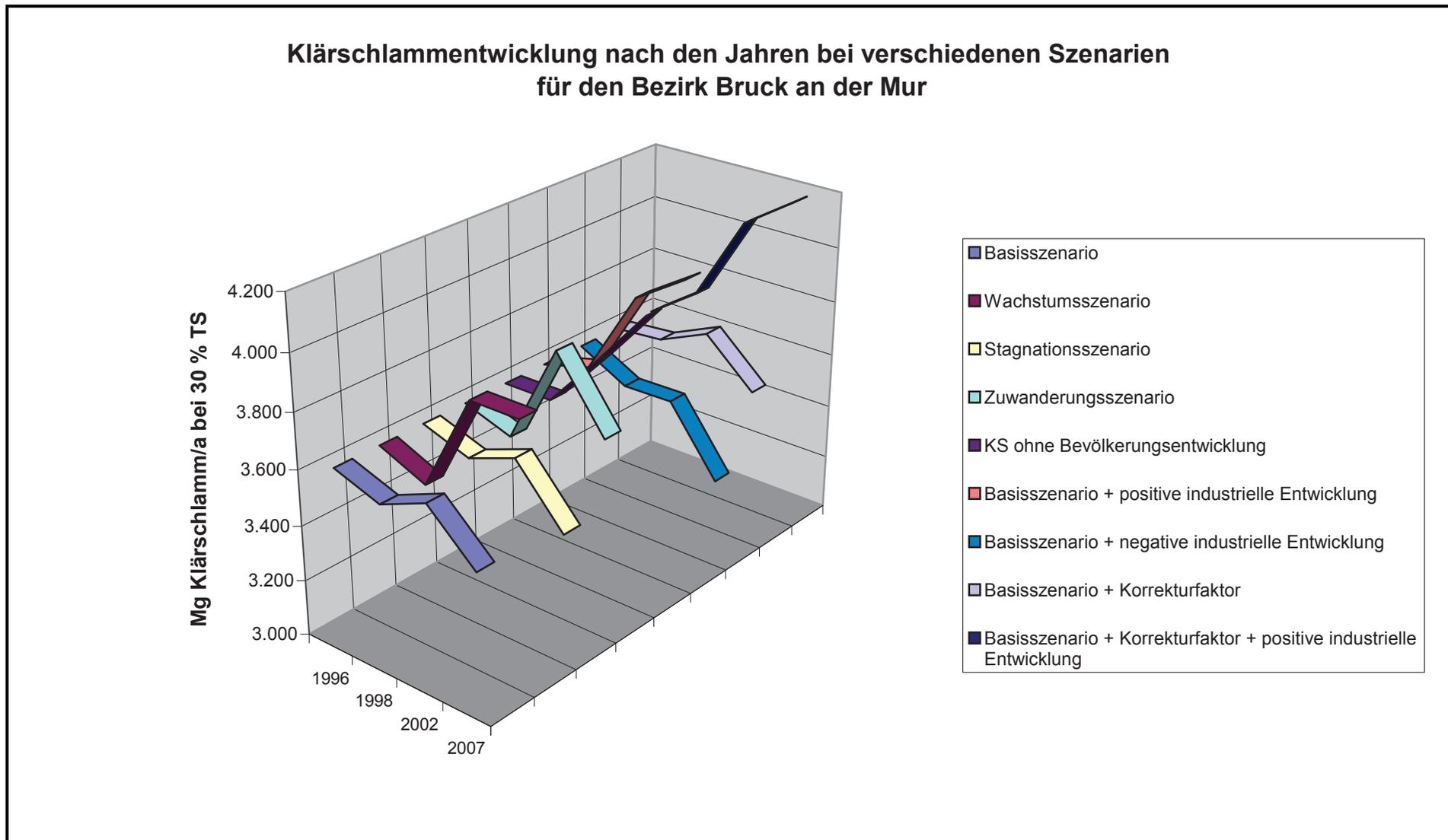


Abbildung 6.6: Entwicklung der Klärschlammmassen für die Verbandskläranlagen im Bezirk Bruck an der Mur; alle Szenarien

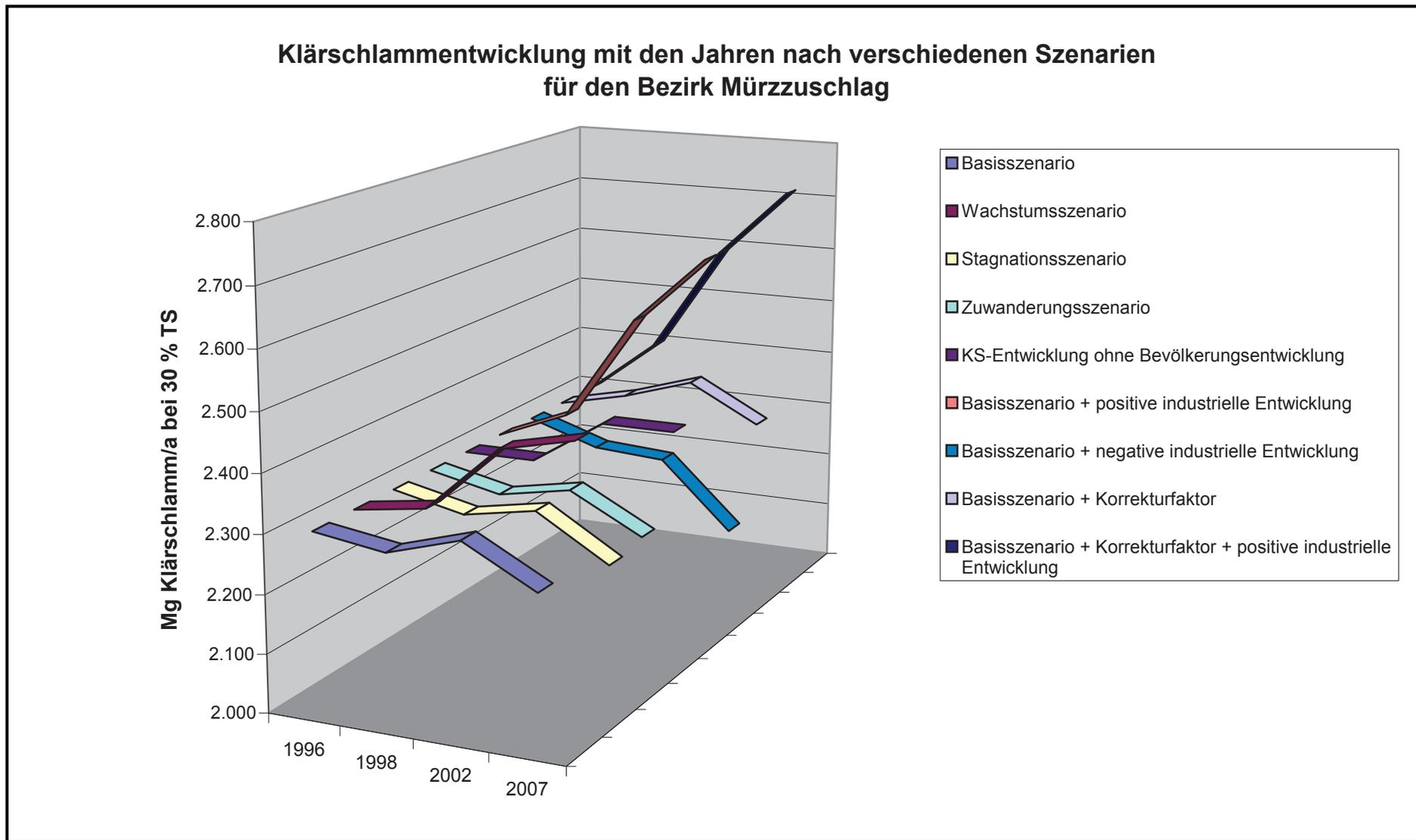


Abbildung 6.7: Entwicklung der Klärschlammassen für die Verbandskläranlagen im Bezirk Mürzzuschlag; alle Szenarien

Entwicklung der Klärschlammmassen bis 1998

Der Umbau der Kläranlage Kapfenberg (Mürz IV) ist 1998 noch nicht abgeschlossen. Die erste Kläranlage mit anaerober Klärschlammbehandlung des Mürzverbands geht erst Anfang 2001 in Vollbetrieb. Die Kapazität der Kläranlage erhöht sich dann von 39.500 EGW₆₀ auf 49.000 EGW₆₀. Der Faktor Abwanderung der Bevölkerung kommt noch nicht so stark zum Tragen, da die Betriebsabwässer der Firmen Vogel&Noot und Böhler Edelstahl GmbH neu hinzukommen.

Für alle Anlagen des Mürzverbands gesamt gesehen wird es wahrscheinlich zu einer Stagnation der Klärschlammmengen kommen, da einerseits der Faktor Abnahme der Bevölkerung im Verbandsgebiet noch nicht so stark zum Tragen kommt und andererseits ein höherer Lebensstandard auch einer leicht erhöhten Abwassermenge pro Einwohner kommen wird.

Für den Fall, dass auch auf der Kläranlage Mürz IV ein Teil des Abwassers mehr oder weniger ungeklärt in die Mürz gelangt ist und die Flächen die für die Biologie zur Verfügung stehen viel zu klein waren, so wird es nach Beendigung der Ausbauarbeiten eventuell trotz anaerober Behandlung zu einem leichten Anstieg der Klärschlammmassen auf dieser Anlage kommen.

Die Klärschlammmengen liegen bei rund 6.000 Mg/a bezogen auf 30 % TS.

6.2.2.1. Entwicklung der Klärschlammmassen bis 2002

Im Jahr 2002 ist der Umbau der Kläranlage Kapfenberg (Mürz IV) abgeschlossen und die Anpassungsmaßnahmen der Kläranlage Langenwang (Mürz I) in Angriff genommen. In St. Marein (Mürz III) wird im nächsten Jahr mit dem Umbau begonnen und Wartberg (Mürz II) wird als letzte Anlage fertiggestellt und wahrscheinlich (je nach den vorhandenen finanziellen Mitteln) im Laufe des Jahres 2007 den Probebetrieb abgeschlossen haben.

Die Kläranlage Kapfenberg (Mürz IV), hat somit eine Phosphatelimination, Nitrifikation/Denitrifikation die den Klärschlammanfall ansteigen lassen wird. Es existieren auf der Kläranlage Kapfenberg (Mürz IV) Faultürme, die den zusätzlichen Anstieg durch Phosphatelimination und Nitrifikation/Denitrifikation auf dieser Anlage wieder relativieren. Laut allgemeiner Auffassung in der Fachwelt hebt die Klärschlammfäulung die Zuwächse durch die neuen Verordnungen normalerweise auf.

Als Werte für die Steigerung durch die Phosphatelimination und Nitrifikation/Denitrifikation wurden die Faktoren 1,15 , 1,30 und 1,45 gewählt. Für die Klärschlammfäulung wurde der Faktor 0,90 gewählt.

Allgemein ist damit zu rechnen, dass der Faktor negative Bevölkerungsentwicklung stärker zum Tragen kommt. Ob die durch die negative Bevölkerungsentwicklung bedingte Verminderung der Klärschlammengen durch die vermehrte Einleitung von betrieblichen Abwässern kompensiert werden kann, ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht erruierbar.

Die Klärschlammengen werden schätzungsweise bei rund 5.900 Mg/a bezogen auf 30 % TS liegen.

Sollten die Faktoren 1,30 oder 1,45 zutreffen, so kann es zu einem leichten Anstieg der Klärschlammassen kommen.

6.2.2.2. Entwicklung der Klärschlammassen bis 2007

Alle Kläranlagen bis auf Wartberg (Mürz II) haben eine Phosphatelimination, Nitrifikation/Denitrifikation die den Klärschlammanfall ansteigen lassen werden. Es existieren aber auch auf allen Kläranlagen (bis auf Mürz II) Faultürme, die den zusätzlichen Anstieg durch Phosphatelimination und Nitrifikation/Denitrifikation wieder relativieren. Als Werte für die Steigerung durch die Phosphatelimination und Nitrifikation/Denitrifikation wurden die Faktoren 1,15, 1,30 und 1,45 gewählt. Für die Klärschlammfäulung wurde der Faktor 0,90 gewählt.

Allgemein ist damit zu rechnen, dass der Faktor negative Bevölkerungsentwicklung stärker zum Tragen kommt. Ob die durch die negative Bevölkerungsentwicklung bedingte Verminderung der Klärschlammengen durch die vermehrte Einleitung von betrieblichen Abwässern kompensiert werden kann, ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht erruierbar.

Der Faktor Bevölkerungsentwicklung kann in 10 Jahren genauer untersucht werden, da bis dahin die Ergebnisse der wahrscheinlich im Jahr 2001 stattfindenden Volkszählung ausgewertet sind und die Faktoren für die Berechnungen der Klärschlammengen dann auf die neu berechneten Werte korrigiert werden können.

Es können dann auch erste Erfahrungswerte über den tatsächlichen Schlammanfall und die mittels Membranfilterpressen erreichbaren Trockensubstanz in die Berechnungen einfließen.

Die Klärschlammengen werden voraussichtlich bei etwa 5.600 Mg/a liegen.

Sollten die Faktoren 1,30 oder 1,45 zutreffen, so kann es zu einem leichten Anstieg der Klärschlammassen kommen.

7. Behandlung von Klärschlamm im Rahmen der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBVRD)

7.1. Schadstoffgehalte im Klärschlamm

7.1.1. Untersuchungsprogramm

In diesem Kapitel werden die ermittelten Nähr- und Schadstoffgehalte für die vier kommunalen ARA des Mürzverbands und der Kläranlage des Abwasserverbandes Bruck/Oberaich diskutiert. Die ARA Bruck wurde in die Untersuchungen einbezogen, weil diese bereits über eine anaerobe Klärschlammbehandlung (Faulturm) verfügt, die in den ARA des Mürzverbands noch nachgerüstet wird.

Zu Beginn der Arbeiten an dieser Diplomarbeit wurden die vorliegenden Daten zur Klärschlammqualität gesichtet. Analysenergebnisse liegen insbesondere bezüglich der Schwermetallgehalte vor und sind in Tabelle 7.1 den Grenzwerten der Steiermärkischen Klärschlammverordnung (KSVO) gegenübergestellt. Bei den Analysenwerten für die 4 ARA des Mürzverbands handelt es sich um Mittelwerte von jeweils 2 Messreihen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht aus den Jahren 1991 und 1993. Für die ARA Bruck wurde eine Messreihe von der Betriebsleitung aus dem Jahr 1995 zur Verfügung gestellt.

Tabelle 7.1 **Schwermetallgehalte im Klärschlamm und Grenzwerte der KSVO**
[mg/kg TS]

ARA	Schwermetallgehalte in mg/kg TS								
	Zn	Cu	Cr	Pb	Co	Ni	Mo	Cd	Hg
Langenwang (Mürz I)	890	164	50	83	8,2	35	k.A.	2,4	2,2
Wartberg (Mürz II)	1.142	170	70	143	10	38	k.A.	2,2	2,5
St. Marein (Mürz III)	1.374	191	61	81	12	44	k.A.	2,6	2,7
Kapfenberg (Mürz IV)	823	142	106	65	17,6	62	k.A.	1,8	3,1
Bruck	1.115	178	47	102	53	15	12	1,0	2,0
Grenzwert	2.000	500	500	500	100	100	20	10	10

Alle für die 4 ARA des Mürzverbands gemessenen Schwermetallgehalte liegen unterhalb der Grenzwerte in der Steiermärkischen KSVO, so dass prinzipiell eine landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme möglich ist. Voraussetzung ist, dass die Molybdängehalte (hier liegen keine Messergebnisse vor) unterhalb 20 mg/kg TS liegen.

Das gleiche gilt für die Klärschlämme aus der ARA Bruck, wobei hier eine Mo-Analyse vorliegt und der Grenzwert unterschritten wird. Außerdem ist für diese Klärschlämme die seuchenhygienische Unbedenklichkeit gegeben.

Da diese Datengrundlage für eine fundierte Charakterisierung der anfallenden Klärschlämme unzureichend ist, wurde vom Verfasser ein Untersuchungsprogramm erarbeitet und umgesetzt.

Von jeder der 4 verbandseigenen Abwasserreinigungsanlagen werden im Verlauf des 1. Projektjahres jeweils 4 Proben (Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter) gezogen und insbesondere auf die relevanten Parameter der Deponieverordnung, der Steiermärkischen Klärschlammverordnung untersucht. Von der ARA Bruck wurden nur 3 Proben analysiert, da der Faulturm von Februar bis März in Revision war.

7.1.2. Probennahmen

Die Probennahme der einzelnen Klärschlammproben erfolgte nach folgendem Muster:

Da durch den Aufenthalt in der aeroben bzw. anaeroben Stabilisierung eine gewisse Homogenisierung auftritt, wurde das Probenahmeverfahren etwas abgewandelt. Aus den Containern, die nach der Kammerfilterpresse situiert waren, wurde an verschiedenen Stellen Proben entnommen (In Bruck wurden an verschiedenen Stellen des Freilagere Proben entnommen). Diese wurden mittels Mischkreuzverfahren gemäß ÖNORM S 2023 eingeengt, zu einer Sammelprobe vereinigt und nochmals eingeengt bis etwa 2 kg Probenmaterial übrig blieben. Das Probenmaterial wurde in Laborglasgefäße gefüllt und verschlossen. Die Sammelprobe wurde anschließend auf schnellsten Wege zum umweltanalytischen Labor des IED transportiert und dort die Probenaufbereitung und Analytik durchgeführt.

7.2. Anforderung an das Rottegut gemäß Deponieverordnung [11]

Im nachfolgenden Abschnitt werden die wesentlichen Passagen, die für die Ablagerung von Müll-Klärschlamm-Kompost auf Deponien zuständigen Verordnung, der Deponieverordnung, aufgelistet.

Die nicht wesentlichen Abschnitte und Passagen der Deponieverordnung wurden absichtlich weggelassen, da sie für die Erörterung des Sachverhaltes nicht von wesentlicher Bedeutung sind.

Es wurden auch nur die beiden für die Ablagerung auf Massenabfalldeponien relevanten Tabellen 7 und 8 der Anlage 1 der Deponieverordnung aufgeführt.

7.2.1. Begriffsbestimmungen

§ 2. Im Sinne der Verordnung werden folgende Begriffe festgelegt:

26. Eine mechanisch-biologische Vorbehandlung ist eine verfahrenstechnische Kombination mechanischer und biologischer Prozesse zur Vorbehandlung von Abfällen. Ziel der mechanischen Prozesse ist die Separierung von für eine biologische Behandlung wenig geeigneten Stoffen, von Störstoffen und Schadstoffen sowie eine Optimierung des biologischen Abbaues der verbleibenden Abfälle durch Erhöhung der Verfügbarkeit und Homogenität. Ziel der biologischen Prozesse ist der weitestmögliche Abbau verbliebener organischer Substanzen (Ab- und Umbau biologisch abbaubarer Bestandteile) durch die Anwendung anaerob-aerober oder aerober Verfahren. Mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle zeichnen sich durch eine deutliche Reduzierung des Volumens, des Wassergehaltes und des Gasbildungspotentials sowie durch eine deutliche Verbesserung des Auslaugverhaltens und des Setzungsverhaltens aus.

27. Eine natürliche Vorflut ist gegeben, wenn das Wasser unmittelbar durch Schwerkraft an der Geländeoberfläche abfließen kann.

7.2.2. Deponietypen

§ 3. Im Sinne der Verordnung werden folgende Deponietypen festgelegt:

1. Bodenaushubdeponie (§ 4 Abs. 1);
2. Baurestmassendeponie (§ 4 Abs. 2);
3. Reststoffdeponie (§ 4 Abs. 3);
4. Massenabfalldeponie (§ 4 Abs. 4).

7.2.3. Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen

(4) In der Massenabfalldeponie ist die Ablagerung von Abfällen zulässig, die zumindest den Anforderungen der Tabellen 7 und 8 der Anlage 1 entsprechen, sowie von Baurestmassen gemäß Anlage 2.

(5) Die Vermischung eines Abfalls mit anderen Materialien oder Abfällen unter der Zielsetzung geforderte Untersuchungen zu erschweren oder zu behindern oder die Grenzwerte der Tabellen 1 bis 8 der Anlage 1 durch den bloßen Mischvorgang zu unterschreiten, ist unzulässig. Die zulässige gemeinsame Behandlung verschiedener Abfälle in einer Behandlungsanlage gilt nicht als Vermischung im Sinne der Verordnung.

7.2.4. Verbot der Deponierung

§ 5. Die Ablagerung folgender Abfälle ist verboten:

1. Schlammige, pastöse oder feinkörnige Abfälle, wenn die Funktionsfähigkeit des Deponiebasisentwässerungssystems beeinträchtigt wird oder wenn die Standfestigkeit des Deponiekörpers nicht gegeben ist;
2. flüssige Abfälle mit Ausnahme der geschlossenen Kreislaufführung des Deponiesickerwassers;
3. Abfälle, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) mehr als fünf Masseprozent beträgt; ausgenommen sind:

f) Abfälle aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung, die in gesonderten Bereichen auf einer Massenabfalldeponie abgelagert werden, sofern der aus der Trockensubstanz bestimmte Verbrennungswert (oberer Heizwert) dieser Abfälle weniger als 6.000 kJ/kg beträgt. Die Vermischung eines Abfalls aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung mit heizwertarmen Materialien oder Abfällen unter der Zielsetzung, diesen Grenzwert zu unterschreiten, ist unzulässig.

7.2.5. Kriterien und Grenzwerte für die Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen

Die Grenzwerte der Tabellen 1 bis 8 dieser Anlage beziehen sich auf die durchschnittlichen Gehalte einer angelieferten Charge. Ein Grenzwert für einen Abfallparameter gilt dann als eingehalten, wenn der arithmetische Mittelwert aller aus einer Sammelprobe erhaltenen Einzelmesswerte den Grenzwert nicht überschreitet, ausgenommen der pH-Wert, der im zulässigen Bereich liegen muss. Die Probenahme und die Untersuchung der Abfälle ist gemäß Anlage 5 durchzuführen. Die Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte und für Eluatgehalte beziehen sich auf mg/kg Trockensubstanz des Abfalls.

Für die Bestimmung der Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ist die Summe der folgenden sechs Verbindungen zu ermitteln:

Fluoranthen	$C_{16}H_{10}$	$C_{20}H_{12}$	Benzo(k)fluoranthen
Benzo(a)pyren	$C_{20}H_{12}$	$C_{22}H_{12}$	Benzo(g,h,i)perylen
Benzo(b)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	$C_{22}H_{12}$	Indeno(1,2,3-c,d)pyren

Tabelle 7.2 Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Massenabfalldeponien

Parameter	Grenzwert (mg/kg TS)
Anorganische Stoffe	
Arsen (als As)	500
Barium (als Ba)	10.000
Blei (als Pb)	3.000
Cadmium (als Cd)	30
Chrom gesamt (als Cr)	5.000
Kobalt (als Co)	500
Kupfer (als Cu)	5.000
Nickel (als Ni)	2.000
Quecksilber (als Hg)	20
Silber (als Ag)	50
Zink (als Zn)	5.000
Organische Summenparameter	
Ges. org. geb. Kohlenstoff, TOC (als C)	50.000 ^{1) 2)}
Summe der Kohlenwasserstoffe	20.000
Ausblasbare org. geb. Halogene, POX (als Cl)	1.000
Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe PAK	100

¹⁾ Bei einem Glühverlust von nicht größer als 8 Masseprozent gilt der TOC-Grenzwert als eingehalten.

²⁾ Nicht maßgeblich, wenn es sich um Abfälle gemäß § 5 Z. 7 lit. b), c), d) oder f) handelt

Für Böden und Erde sind höhere Grenzwerte zulässig, sofern der Anteil humus- oder torfreichen Bodens nicht mehr als 10 Volumsprozent der gesamten, auf der Deponie abgelagerten Abfälle beträgt.

Tabelle 7.3 Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat für Massenabfalldeponien

Parameter	Grenzwert (mg/kg TS, ausg. pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit)
Lösliche Anteile und pH-Wert	
pH-Wert	6 bis 13
Abdampfrückstand	100.000
Anorganische Stoffe	
Chrom sechswertig (als Cr)	20,0
Eisen (als Fe)	i.G.f.
Ammonium (als N)	10.000
Nitrat (als N)	i.G.f.
Nitrit (als N)	1.000
Cyanid, leicht freisetzbar (als CN)	20,0
Fluorid (als F)	500
Phosphat (als P)	i.G.f.
Sulfat (als SO ₄)	25.000
Organische Summenparameter	
TOC (als C)	i.G.f.
EOX (als Cl)	30,0
anionenaktive Tenside (als TBS)	i.G.f.

i.G.f. = im Genehmigungsverfahren festzulegen, wenn dieser Parameter für die abzulagernden Abfälle relevant ist

7.3. Bewertung der Schadstoffgehalte

7.3.1. Schadstoffgehalte für die einzelnen Abwasserreinigungsanlagen

7.3.1.1. Langenwang (Mürz I)

Die Grenzwerte der Deponieverordnung (DVO) werden bis auf die Parameter TOC bzw. oberer Heizwert eingehalten. Dies entspricht den Erwartungen. Die oberen Heizwerte liegen zwischen 13.600 und 16.500 kJ/kg TS und weisen somit eine relativ große Spannweite auf.

Die Einhaltung der Grenzwerte der Steiermärkischen Klärschlammverordnung (KSVO) war problemlos möglich.

Tabelle 7.4 Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Langenwang (Mürz I)

Parameter	Einheiten	Grenzwerte		Datum der Probennahme			
		KSVO	DVO	05.08.1996	06.11.1996	25.02.1997	24.06.1997
Trockensubstanz	[%]			21,7	28,9	21,5	27,9
Wassergehalt	[%]			78,3	71,1	78,5	72,1
pH-Wert				6,6	6,1	6,6	6,3
oberer Heizwert	[kJ/kg TS]		6.000	12.600	14.000	16.500	13.600
Zink	[mg/kg TS]	2.000	5.000	502	522	601	891
Kupfer	[mg/kg TS]	500	5.000	312	174	184	213
Chrom gesamt	[mg/kg TS]	500	5.000	124	67	133	65
Blei	[mg/kg TS]	500	3.000	79	58	173	87
Nickel	[mg/kg TS]	100	2.000	87	54	87	76
Cobalt	[mg/kg TS]	100	500	10	2,7	2,4	8,3
Arsen	[mg/kg TS]	-	500	10	5,0	6,8	12
Molybdän	[mg/kg TS]	20	-	7,3	8,1	9,2	8,4
Cadmium	[mg/kg TS]	10	30	1,4	0,56	0,84	2,6
Quecksilber	[mg/kg TS]	10	20	0,26	7,7	1,6	1,4
Barium	[mg/kg TS]	-	10.000	475	256	208	282
Mangan	[mg/kg TS]			338	215	201	396
Silber	[mg/kg TS]	-	50	12	n.b.	7,2	8,2
Summe der KW	[mg/kg TS]		20.000	2.500	2.560	3.000	3.120
AOX	[mg/kg TS]	- ¹⁾		40	91	42	70
POX	[mg/kg TS]		1.000	0,008	0,002	0,009	0,01
PAK	[mg/kg TS]	- ¹⁾	100	7,6	1,4	3,3	2,0
PCB	[mg/kg TS]	- ¹⁾		0,19	0,09	<0,01	<0,01
NH ₄ ⁺	[mg/kg TS]			3.820	6.680	4.780	5.510
NO ₃ ⁻	[mg/kg TS]			<1	9,0	<0,5	<0,5
Gesamt N	[mg/kg TS]			36.970	38.100	50.100	42.100
Gesamt P	[mg/kg TS]			28.120	37.500	14.700	16.500
Kalzium	[mg/kg TS]			33.100	19.220	23.200	24.600
Magnesium	[mg/kg TS]			13.400	12.050	7.840	13.800
Eisen	[mg/kg TS]			17.300	13.010	18.800	17.100
Kalium	[mg/kg TS]			7.750	7.050	5.000	4.440
Natrium	[mg/kg TS]			3.710	6.330	3.650	9.610

¹⁾ In der Steiermark gib es ab einem EGW-Wert von 30.000 die Pflicht AOX, PCB und PCDD/PCDF zu messen, Grenzwerte sind noch keine vorhanden

n.b.nicht bestimmt

Da in der Steiermark die organischen Schadstoffe bei Kläranlagen größer 30.000 EGW nur gemessen werden müssen, wurde für deren Bewertung die Grenzwerte der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung herangezogen. Diese Grenzwerte lehnen sich stark an die Deutsche Klärschlammverordnung an. Die Grenzwerte für organische Schadstoffe der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung werden eingehalten.

Größere Schwankungen konnten bei den Parametern Kupfer, Arsen, Mangan, Gesamt-N und Gesamt-P beobachtet werden.

7.3.1.2. Wartberg (Mürz II)

Die Grenzwerte der DVO werden bis auf die Parameter TOC bzw. oberer Heizwert eingehalten. Dies entspricht den Erwartungen. Die oberen Heizwerte liegen zwischen 15.100 und 17.400 kJ/kg TS.

Die Einhaltung der Grenzwerte der KSVO ist bis auf den Parameter Kupfer problemlos möglich. Bei Kupfer traten Grenzwertüberschreitungen bei der Probenserie im Sommer 1996 auf. Die Grenzwerte für organische Schadstoffe der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung werden eingehalten.

Größere Schwankungen konnten bei den Parametern Kupfer, Nickel, Arsen, Mangan, Gesamt N und Gesamt P beobachtet werden. Bei einigen anderen Parametern (Eisen, Magnesium, Kalzium, NH_4^+ , NO_3 , etc.) kam es zu einzelnen "Ausreißern".

Tabelle 7.5 Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Wartberg (Mürz II)

Parameter	Einheiten	Grenzwerte		Datum der Probennahme			
		KSVO	DVO	05.08.1996	06.11.1996	11.03.1997	24.06.1997
Trockensubstanz	[%]			3,2	22,5	17,3	26,4
Wassergehalt	[%]			96,8	77,5	82,7	73,7
pH-Wert				6,2	6,3	6,5	6,3
oberer Heizwert	[kJ/kg TS]		6.000	15.800	15.100	17.400	16.000
Zink	[mg/kg TS]	2.000	5.000	335	411	672	888
Kupfer	[mg/kg TS]	500	5.000	873	116	162	217
Chrom gesamt	[mg/kg TS]	500	5.000	84	47	96	50
Blei	[mg/kg TS]	500	3.000	55	40	180	105
Nickel	[mg/kg TS]	100	2.000	49	67	53	41
Cobalt	[mg/kg TS]	100	500	15	3,8	3,5	6,4
Arsen	[mg/kg TS]	-	500	5,0	6,0	5,7	9,7
Molybdän	[mg/kg TS]	20	-	3,5	4,2	9,1	9,5
Cadmium	[mg/kg TS]	10	30	1,6	1,5	1,2	3,3
Quecksilber	[mg/kg TS]	10	20	3,0	4,0	<0,1	0,8
Barium	[mg/kg TS]	-	10.000	478	293	435	288
Mangan	[mg/kg TS]			184	131	141	278
Silber	[mg/kg TS]	-	50	5,4	n.b.	2,1	2,2
Summe der KW	[mg/kg TS]		20.000	2.890	4.160	3.920	4.130
AOX	[mg/kg TS]	- ¹⁾		37	98	87	52
POX	[mg/kg TS]		1.000	0,004	0,007	0,004	0,005
PAK	[mg/kg TS]	- ¹⁾	100	21	1,4	2,5	2,9
PCB	[mg/kg TS]	- ¹⁾		0,18	0,09	<0,01	<0,01
NH ₄ ⁺	[mg/kg TS]			3.280	6.740	7.110	11.800
NO ₃ ⁻	[mg/kg TS]			<1	14	<0,5	<0,5
Gesamt N	[mg/kg TS]			47.100	38.100	23.900	38.500
Gesamt P	[mg/kg TS]			15.400	37.500	13.400	10.500
Kalzium	[mg/kg TS]			34.700	26.460	28.600	24.100
Magnesium	[mg/kg TS]			7.226	4.350	4.734	5.607
Eisen	[mg/kg TS]			5.650	4.100	7.100	12.200
Kalium	[mg/kg TS]			4.970	6.400	5.940	4.070
Natrium	[mg/kg TS]			6.450	6.480	5.690	7.550

¹⁾ In der Steiermark gib es ab einem EGW-Wert von 30.000 die Pflicht AOX, PCB und PCDD/PCDF zu messen, Grenzwerte sind noch keine vorhanden

n.b.nicht bestimmt

7.3.1.3. St. Marein (Mürz III)

Tabelle 7.6 Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA St. Marein (Mürz III)

Parameter	Einheiten	Grenzwerte		Datum der Probenahme			
		KSV0	DVO	05.08.1996	22.10.1996	25.02.1997	24.06.1997
Trockensubstanz	[%]			3,5	17,2	17,5	24,8
Wassergehalt	[%]			96,6	82,8	82,6	75,2
pH-Wert				6,6	6,2	6,6	6,5
oberer Heizwert	[kJ/kg TS]		6.000	14.600	14.200	17.200	14.400
Zink	[mg/kg TS]	2.000	5.000	486	708	699	914
Kupfer	[mg/kg TS]	500	5.000	200	238	225	262
Chrom gesamt	[mg/kg TS]	500	5.000	50	94	64	56
Blei	[mg/kg TS]	500	3.000	54	69	63	91
Nickel	[mg/kg TS]	100	2.000	19	43	33	58
Cobalt	[mg/kg TS]	100	500	6,0	2,8	2,4	7,5
Arsen	[mg/kg TS]	-	500	7,9	7,0	11	12
Molybdän	[mg/kg TS]	20	-	5,6	5,5	8,1	10
Cadmium	[mg/kg TS]	10	30	2,0	1,5	1,6	3,0
Quecksilber	[mg/kg TS]	10	20	1,0	8,0	1,3	1,7
Barium	[mg/kg TS]	-	10.000	285	174	226	261
Mangan	[mg/kg TS]			201	150	154	326
Silber	[mg/kg TS]	-	50	7,8	n.b.	1,5	5,1
Summe der KW	[mg/kg TS]		20.000	3.420	2.800	2.390	2.790
AOX	[mg/kg TS]	- ¹⁾		58	90	88	76
POX	[mg/kg TS]		1.000	0,007	0,016	0,011	0,013
PAK	[mg/kg TS]		100	3,0	1,2	1,9	2,5
PCB	[mg/kg TS]			0,19	0,12	<0,01	<0,01
NH ₄ ⁺	[mg/kg TS]	- ¹⁾		197	6.970	5.230	5.520
NO ₃ ⁻	[mg/kg TS]	- ¹⁾		<1	25	<0,5	<0,5
Gesamt N	[mg/kg TS]			48.170	44.220	18.300	35.600
Gesamt P	[mg/kg TS]			22.470	54.970	17.500	17.200
Kalzium	[mg/kg TS]			33.500	20.670	22.400	21.200
Magnesium	[mg/kg TS]			8.340	9.150	4.440	4.140
Eisen	[mg/kg TS]			6.710	10.140	15.200	17.400
Kalium	[mg/kg TS]			6.640	5.660	10.500	3.780
Natrium	[mg/kg TS]			8.850	7.170	7.650	10.800

¹⁾ In der Steiermark gib es ab einem EGW-Wert von 30.000 die Pflicht AOX, PCB und PCDD/PCDF zu messen, Grenzwerte sind noch keine vorhanden

n.b.nicht bestimmt

Die Grenzwerte der DVO werden bis auf die Parameter TOC bzw. oberer Heizwert eingehalten. Die oberen Heizwerte liegen zwischen 14.200 und 17.200 kJ/kg TS, wobei 3 Analysenwerte im Bereich von 14.400 ± 200 kJ/kg TS gemessen wurden.

Die Grenzwerte der KSV0 werden eingehalten.

Die Grenzwerte für organische Schadstoffe der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung werden eingehalten.

Größere Schwankungen konnten bei den Parametern Nickel, Arsen, Mangan, Gesamt N und Gesamt P beobachtet werden. Bei einigen anderen Parametern (Eisen, Magnesium, Kalzium, NH_4^+ , NO_3 , etc.) kam es zu einzelnen "Ausreißern".

7.3.1.4. Kapfenberg (Mürz IV)

Die Grenzwerte der DVO werden bis auf die Parameter TOC bzw. oberer Heizwert eingehalten. Die oberen Heizwerte liegen zwischen 13.800 und 16.900 kJ/kg TS.

Die Einhaltung der Grenzwerte der KSVO ist bis auf den Parameter Molybdän problemlos möglich. Bei Molybdän traten Grenzwertüberschreitungen bei den Probenserien im Sommer 1996, Winter 1996/97 und Frühjahr 1997 auf.

Die Grenzwerte für organische Schadstoffe der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung werden eingehalten. Größere Schwankungen konnten bei den Parametern Zink, Kupfer, Nickel, Arsen, Mangan, Molybdän, Gesamt N und Gesamt P beobachtet werden. Bei einigen anderen Parametern (Eisen, Magnesium, Kalzium, NH_4^+ , NO_3 , etc.) kam es zu einzelnen "Ausreißern".

Tabelle 7.7 Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Kapfenberg (März IV)

Parameter	Einheiten	Grenzwerte		Datum der Probennahme			
		KSVO	DVO	05.08.1996	24.10.96	27.03.1997	27.06.1997
Trockensubstanz	[%]			20,0	25,8	18,3	31,3
Wassergehalt	[%]			80,0	74,2	81,7	68,7
pH-Wert				7,0	6,7	6,6	6,4
oberer Heizwert	[kJ/kg TS]		6.000	16.900	14.700	16.300	13.800
Zink	[mg/kg TS]	2.000	5.000	282	659	1.100	594
Kupfer	[mg/kg TS]	500	5.000	128	238	102	221
Chrom gesamt	[mg/kg TS]	500	5.000	144	182	110	86
Blei	[mg/kg TS]	500	3.000	40	116	21	89
Nickel	[mg/kg TS]	100	2.000	57	89	51	92
Cobalt	[mg/kg TS]	100	500	11	13	15	27
Arsen	[mg/kg TS]	-	500	5,6	5,0	5,4	11
Molybdän	[mg/kg TS]	20	-	49	18	121	32
Cadmium	[mg/kg TS]	10	30	0,83	1,2	0,76	1,9
Quecksilber	[mg/kg TS]	10	20	0,62	5,7	2,1	0,9
Barium	[mg/kg TS]	-	10.000	266	252	323	318
Mangan	[mg/kg TS]			174	233	246	384
Silber	[mg/kg TS]	-	50	5,4	n.b.	9,9	13
Summe der KW	[mg/kg TS]		20.000	2.770	2.350	2.460	2.860
AOX	[mg/kg TS]	- ¹⁾		73	91	79	46
POX	[mg/kg TS]		1.000	0,010	0,024	0,013	0,009
PAK	[mg/kg TS]	- ¹⁾	100	2,4	1,8	1,0	3,3
PCB	[mg/kg TS]	- ¹⁾		0,17	0,10	<0,01	<0,01
NH ₄ ⁺	[mg/kg TS]			7.230	8.940	6.860	18.800
NO ₃ ⁻	[mg/kg TS]			12	10	<0,5	<0,5
Gesamt N	[mg/kg TS]			45.600	38.400	49.200	46.000
Gesamt P	[mg/kg TS]			23.250	50.300	15.200	11.000
Kalzium	[mg/kg TS]			21.200	17.350	21.900	23.200
Magnesium	[mg/kg TS]			5.240	5.010	5.620	6.300
Eisen	[mg/kg TS]			24.600	14.520	13.900	17.500
Kalium	[mg/kg TS]			6.400	8.420	2.820	5.660
Natrium	[mg/kg TS]			5.070	4.910	3.910	5.700

¹⁾ In der Steiermark gib es ab einem EGW-Wert von 30.000 die Pflicht AOX, PCB und PCDD/PCDF zu messen, Grenzwerte sind noch keine vorhanden

n.b.nicht bestimmt

7.3.1.5. Bruck/Oberaich

Tabelle 7.8 Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Bruck/Oberaich

Parameter	Einheiten	Grenzwerte		Datum der Probennahme			
		KSVO	DVO	05.08.1996	6.11.96	Keine Werte im März	24.06.1997
Trockensubstanz	[%]			28,9	27,1		28,2
Wassergehalt	[%]			71,1	72,9		71,9
pH-Wert				6,8	6,9		7,1
oberer Heizwert	[kJ/kg TS]		6.000	7.440	13.400		10.800
Zink	[mg/kg TS]	2.000	5.000	1.120	714		1.230
Kupfer	[mg/kg TS]	500	5.000	436	326		262
Chrom gesamt	[mg/kg TS]	500	5.000	111	121		48
Blei	[mg/kg TS]	500	3.000	111	152		115
Nickel	[mg/kg TS]	100	2.000	56	47		58
Cobalt	[mg/kg TS]	100	500	5,3	3,5		8,0
Arsen	[mg/kg TS]	-	500	3,3	3,2		4,2
Molybdän	[mg/kg TS]	20	-	7,2	12		16
Cadmium	[mg/kg TS]	10	30	2,5	2,6		3,4
Quecksilber	[mg/kg TS]	10	20	2,8	3,5		4,0
Barium	[mg/kg TS]	-	10.000	861	543		540
Mangan	[mg/kg TS]			357	379		467
Silber	[mg/kg TS]	-	50	22	19		33
Summe der KW	[mg/kg TS]		20.000	24.600	8.850		3.820
AOX	[mg/kg TS]	- ¹⁾		67	73		68
POX	[mg/kg TS]		1.000	0,014	0,003		0,007
PAK	[mg/kg TS]	- ¹⁾	100	n.b.	9,6		3,9
PCB	[mg/kg TS]	- ¹⁾		0,05	0,15		<0,01
NH ₄ ⁺	[mg/kg TS]			3.540	3.460		7.850
NO ₃ ⁻	[mg/kg TS]			<1	8,3		<0,5
Gesamt N	[mg/kg TS]			27.400	22.500		29.000
Gesamt P	[mg/kg TS]			19.000	45.500		21.200
Kalzium	[mg/kg TS]			43.900	45.120		52.300
Magnesium	[mg/kg TS]			9.300	6.210		6.990
Eisen	[mg/kg TS]			12.400	9.650		18.170
Kalium	[mg/kg TS]			2.850	7.090		3.570
Natrium	[mg/kg TS]			3.680	4.970		7.780

Keine Werte im März, da kein ausgefallener Klärschlamm vorhanden war

¹⁾ In der Steiermark gib es ab einem EGW-Wert von 30.000 die Pflicht AOX, PCB und PCDD/PCDF zu messen, Grenzwerte sind noch keine vorhanden

n.b.nicht bestimmt

Die Grenzwerte der DVO werden bis auf die Parameter TOC bzw. oberer Heizwert und Summe der Kohlenwasserstoffe (Probenserie im Sommer 1996) eingehalten. Bei den Werten TOC und oberer Heizwert war es zu erwarten, dass diese Werte nicht eingehalten werden können. Die Überschreitung des Grenzwertes Summe der KW kann als einmaliger "Ausreißer" gewertet werden.

Die Einhaltung der Grenzwerte der KSVO war problemlos möglich.

Die Grenzwerte für organische Schadstoffe der Oberösterreichischen Klärschlammverordnung werden im Gegensatz zu den 4 ARA des Mürzverbands problemlos eingehalten.

Größere Schwankungen konnten bei den Parametern Zink, Kupfer, Nickel, Arsen, Mangan und Gesamt P beobachtet werden. Bei einigen anderen Parametern (Eisen, Magnesium, Kalzium, NH_4^+ , NO_3 , etc.) kam es zu einzelnen "Ausreißern".

7.3.2. Auswertung nach Analysenparametern [12]

Bei der Auswertung der einzelnen Analysenparameter wurden die Werte der ARA Bruck/Oberaich separat dargestellt, da diese Anlage nicht dem Mürzverband angehört und nur zu Vergleichszwecken herangezogen wurde.

Als Vergleichswerte für die Schadstoff- und Nährstoffgehalte der Klärschlämme wurde die Ergebnisse der Analytischen Untersuchung von Klärschlamm – Analysenbericht des Umweltbundesamtes herangezogen, wo dies nicht möglich war wurden Literaturwerte verwendet.

Der TS-Gehalt der Klärschlämme aus den ARA des Mürzverbands beträgt durchschnittlich 28 bis 30 % und lag aus den bereits genannten Gründen bei unseren Untersuchungen bei lediglich 20,5 %. Für den Klärschlamm der ARA Bruck, der mittels polymerkonditionierten Siebbandpressen entwässert wird, ist ein mittlerer TS-Anteil von rund 28 % ermittelt worden. Der pH-Wert lag für alle untersuchten Klärschlämme zwischen 6 und 7, während für kalkkonditionierte Klärschlämme nach der Entwässerung in KFP durchaus pH-Werte > 12 gemessen werden können. Der Grenzwertbereich der DVO kann aber in aller Regel sicher eingehalten werden.

Für die **organischen Summenparameter** Glühverlust, TOC und oberer Heizwert wurden für den Klärschlamm des Mürzverbands durchwegs höhere Werte als für den Klärschlamm aus Bruck ermittelt. So sind die Mittelwerte für den GV um 24 %, den TOC um 16 % und den H_o um 45 % erhöht, was sich durch die derzeit noch fehlenden Faultürme erklären lässt. Der durchschnittliche H_o des Klärschlammes aus dem Mürzverband liegt mit 15.200 kJ/kg TS im typischen Bereich eines nicht ausgefaulten kommunalen Klärschlammes.

Der mittlere obere Heizwert von 10.500 kJ/kg TS für den Klärschlamm der ARA Bruck lässt auf einen gut ausgefaulten Klärschlamm schließen. Allerdings ist hier anzumerken, dass nur 3 Messreihen vorliegen und die Spannweite mit 7.440 bis 13.400 kJ/kg TS beträchtlich ist. H_0 -Werte < 8.000 kJ/kg TS lassen sich i.d.R. nur bei sehr gut ausgefaulten Klärschlämmen, d.h. bei mittleren Verweilzeiten von > 35 Tagen erreichen. Die durchschnittliche Aufenthaltszeit im Faulturm beträgt aber in den meisten Fällen nur 20 bis 25 Tage, so dass mit H_0 -Werten ≥ 10.000 kJ/kg TS zu rechnen ist. H_0 -Gehalte ≤ 6.000 kJ/kg TS können nur nach der maschinellen Entwässerung erreicht werden, wenn größere Mengen an Kalk (und Eisensalze) zur Konditionierung zugegeben werden.

Da in diesen Fällen der Grenzwert der DVO von 6.000 kJ/kg TS sicher unterschritten wird, stellt sich die Frage, ob diese Klärschlämme ohne weitere Behandlung deponierbar sind oder nicht. Hierzu wird in den Erläuterungen zur DVO klargestellt, dass die anaerobe Behandlung (Faulturm) und mechanische Stufe (maschinelle Entwässerung) nicht ausreicht, um die Ausnahmeregelung für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle in Anspruch nehmen zu können. Erforderlich ist zusätzlich eine aerobe Nachbehandlung [11].

Die **Schwermetallgehalte** sind bei allen Klärschlämmen weit unterhalb der Grenzwerte für Massenabfalldeponien nach DVO. Die Grenzwerte der Steiermärkischen KSVO können von den Klärschlämmen der ARA Bruck, Langenwang und St. Marein problemlos eingehalten werden. Für die ARA Wartberg wurde bei einer Analyse mit 873 mg Kupfer pro kg TS eine Grenzwertüberschreitung um 75 % festgestellt. Da die anderen 3 Analysen den Grenzwert für Kupfer von 500 mg/kg TS weit unterschreiten (Mittelwert 165 mg/kg TS) kann man davon ausgehen, dass es sich um einen einmaligen Ausreißer handelt. Für den Klärschlamm der ARA Kapfenberg wurde der Grenzwert für Molybdän bei 3 von 4 Analysen um bis zu 500 % überschritten. Hierbei handelt es sich um ein anlagenspezifisches Problem, da an die ARA Kapfenberg eine Reihe metallverarbeitender Betriebe angeschlossen sind. Zumindest einer dieser Betriebe dürfte für die erhöhten Molybdänwerte verantwortlich sein. Wird dieses Problem durch abwassertechnische Maßnahmen an der Quelle (Indirekteinleiter) gelöst, so können auch von diesem Klärschlamm die Schwermetallgrenzwerte der Steiermärkischen KSVO eingehalten werden.

Die gemessenen **organischen Schadstoffgehalte** liegen im üblichen Bereich für kommunale Klärschlämme, wobei die Mittelwerte für die Konzentrationen von Summe KW, AOX, PAK und PCB der Klärschlämme aus den ARA des Mürzverbands relativ gering sind. Auch für die **Nährstoffgehalte** wurden (mit Ausnahme von Magnesium) die zu erwarteten Größenordnungen ermittelt. Neben dem Magnesiumgehalt sind auch die Konzentrationen an Kalzium, Ammonium und Eisen als relativ gering zu bezeichnen.

Tabelle 7.9: Ergebnisse der Untersuchungen von Klärschlämmen aus den ARA des Mürzverbands (16 Proben) und der ARA Bruck an der Mur (3 Proben) (Angaben in mg/kg TS außer TS, WG, pH-Wert und H_o)

Parameter	Grenzwerte		ARA Mürzverband			ARA Bruck	Literatur	
	KSV0	DVO	MIN	MAX	Mittelwert	Mittelwert	MIN	MAX
TS [%]	-	-	3,2	31,3	20,5	28,1	1,5	45
WG [%]	-	-	96,8	68,7	79,5	71,9	98,5	55
pH-Wert	-	6-13	6,1	6,9	6,5	6,9	6	12
GV [% TS]	-	8	59	76	67	54	40	63
TOC [g/kgTS]	-	50	309	401	358	309	198	313
H _o [kJ/kgTS]	-	6.000	12.600	17.400	15.200	10.500	6.800	17.400
Zink	2.000	5.000	282	1.100	642	1.019	254	1.700
Kupfer	500	5.000	102	873	242	341	170	540
Chrom ges.	500	5.000	47	182	91	93	25	130
Blei	500	3.000	21	180	82	126	40	290
Nickel	100	2.000	19	92	60	54	14	80
Kobalt	100	500	2,4	27	8,6	6,0	2,2	13
Arsen	-	500	5,0	12	7,9	4,0	1,7	14
Molybdän	20	-	3,5	121	19	12	3,0	18
Cadmium	10	30	0,56	3,3	1,6	3,0	0,2	3,4
Quecksilber	10	20	0,10	8,0	2,5	3,0	0,6	48
Barium	-	10.000	174	478	301	648	135	640
Mangan	-	-	131	396	235	401	80	620
Silber	-	50	1,5	13	6,7	25	1,3	14
Summe KW		20.000	2.350	4.160	3.000	12.400	2.600	16.300
AOX	500 ¹⁾	-	37	98	70	69	65	406
POX	-	1.000	0,002	0,024	0,01	0,008	0,001	0,039
PAK	-	100	1,0	21	3,7	6,7	2,3	21
PCB	0,2 ¹⁾	-	0,01	0,87	0,15	0,07	0,01	1,0
NH ₄ ⁺	-	-	2.960	18.800	7.010	4.950	5.300	41.300
NO ₃ ⁻	-	-	0,5	25	4,8	3,3	0,15	4,7
Gesamt-N	-	-	18.280	50.100	40.000	26.300	30.300	94.500
Gesamt-P	-	-	10.510	55.000	24.100	28.500	18.600	34.100
Kalzium	-	-	9.610	34.700	24.100	47.100	36.600	99.800
Magnesium	-	-	4.140	13.800	7.330	7.500	6.200	18.500
Eisen	-	-	4.100	24.600	13.600	13.400	3.500	79.000
Kalium	-	-	2.820	10.500	5.970	4.500	1.600	11.500
Natrium	-	-	3.650	10.800	6.470	5.480	700	6.000

¹⁾ gemäß Steiermärkischer Klärschlammverordnung sind ARA ab 30.000 EGW zur Messung von AOX, PCB und PCDD/PCDF verpflichtet; Grenzwerte sind aber nicht gesetzt worden. Für AOX und PCB sind die identischen Grenzwerte der oberösterreichischen bzw. deutschen KSV0 angeführt

Abschließend bleibt festzustellen, dass die Klärschlämme aus den 4 kommunalen ARA des Mürzverbands gemäß Deponieverordnung nicht ohne weitere Vorbehandlung auf einer Massenabfalldeponie abgelagert werden dürfen, da die gemessenen organischen Anteile mit durchschnittlich 67 % GV bzw. 35,8 % TOC sehr weit über den Grenzwerten von 8 % für den Glühverlust bzw. 5 % für den TOC liegen. Eine landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme ist prinzipiell schon jetzt für die Klärschlämme aus Langenwang, St. Marein und Wartberg möglich, da alle Grenzwerte der Steiermärkischen KSVO eingehalten werden und auch die Belastung an organischen Schadstoffen relativ gering ist. Der durchschnittliche H_o von derzeit 15.200 kJ/kg TS ist sehr hoch und bedeutet dass in der MBR der Energieinhalt um zumindest 65 % verringert werden muss, um den Grenzwert von 6.000 kJ/kg TS sicher zu unterschreiten. Nach der Integration von Faultürmen in den Anlagenbetrieb ist mit einem H_o von rund 10.000 kJ/kg TS zu rechnen.

7.4. Umweltverträglichkeit der MBVRD [13]

Die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung gemeinsam mit kommunalem Klärschlamm weist im Vergleich zur direkten Deponierung eine ganze Reihe von ökologischen Vorteilen auf und diese sind seit vielen Jahren bekannt. In Tabelle 7.10 sind die wesentlichen Materialeigenschaften und das Verhalten der mechanisch-biologisch vorbehandelten Restabfällen gemeinsam mit kommunalem Klärschlamm im Vergleich zu unbehandelten Restabfällen auf der Deponie zusammengestellt.

Nach derzeitigem Wissensstand liefern die Kriterien Gasbildungspotential (GB_{21} oder GB_{90} in NI/kg TS) und Atmungsaktivität (AT_4 oder AT_7 in $mg O_2/g$ TS) aussagekräftige Ergebnisse. Sowohl das Gasbildungspotential als auch die Atmungsaktivität lassen sich durch eine ca. 16-wöchige aerobe biologische Behandlung sicher um über 90 % reduzieren.

Tabelle 7.10: Charakterisierung des Endproduktes aus der MBR und dessen Deponie-verhalten nach eigenen Untersuchungen

	Einheit	Restabfall unbehandelt	Restabfall nach MBR	Reduktion
Materialeigenschaften:				
Massenreduktion (inkl. Splitting)	% FS	100	ca. 40	ca. 60 %
Reduktion der o. Subst. (GV) ¹⁾	% TS	47 – 58	28 - 39	30 - 50 %
Red. d. biol. abb. o. S (OTS _{bio}) ¹⁾	%TS	45 – 54	23 - 30	35 - 55 %
Verminderung des H ₂ O ₂ ²⁾	kJ/kg TS	12.000-16.000	< 6.000	> 50 %
Atmungsaktivität (AT ₄) ¹⁾	mg O ₂ /g TS	50 –80	2-5	> 90 %
Atmungsaktivität (AT ₄) ³⁾	mg O ₂ /g TS	100	< 5	> 95 %
Atmungsaktivität (AT ₄) ⁷⁾	mg O ₂ /g TS	50	< 5	> 90 %
Atmungsaktivität (AT ₇) ⁴⁾	mg O ₂ /g TS	-	14	-
Atmungsaktivität (AT ₇) ⁵⁾	mg O ₂ /g TS	120	19	84 %
Atmungsaktivität (AT ₇) ⁶⁾	mg O ₂ /g TS	75	7	> 90 %
Gasbildungspotential GB ₉₀ ⁶⁾	NI/kg TS	> 200	14-16	> 90 %
Gasbildungspotential GB ₂₁ ⁷⁾	NI/kg TS	220	< 20	> 90 %
BSB ₅ - im Eluat	mg O ₂ /l	3.000 – 4.000	< 300	> 90 %
CSB - im Eluat	mg O ₂ /l	4.000 - 10.000	< 500	> 90 %
TOC - im Eluat ⁷⁾	mg/l	1.800 – 3.500	< 300	> 85 %
Materialverhalten unter Deponiebedingungen:				
Saure Gärung vor Methanisierung	-	+	minimiert	> 90 %
Einbaudichte	Mg/m ³ FS	0.75 - 1.1	1.2 - 1.5	< 50 %
Scherfestigkeit und Kohäsion	-		erhöht	pos.
Deponieraumersparnis (einschl. Massenreduktion)	m ³ /Mg Input FS	> 0.9	0.3 - 0.4	> 60 %
Sickerwasserentwicklung	m ³ / t Input	Minimiert ⁸⁾		> 90 %
Deponiesickerwasser - Ammonium	mg/l	1.000 – 2.000	100 - 200	> 90 %
- TOC	mg/l	8.000 - 15.000	500 - 1.500	> 90 %
- CSB	mg O ₂ /l	25.000 - 40.000	700 - 5.000	> 80 %
- BSB ₅	mg O ₂ /l	< 35.000	500 - 1000	> 80 %
Deponieabdeckung: Pflanzenverträglichkeit	-	keine	gegeben	pos.
In situ Biofilteraktivität	-	keine	gegeben	pos.

1) nach 22 Wochen aerober Behandlung von Restmüll/Klärschlamm (MBR Allerheiligen)

2) nach 12-16 Wochen aerober Behandlung

3) nach 12 Wochen aerober Behandlung

4) nach 13 Wochen aerober Behandlung von Restmüll/Klärschlamm (MBR Zell am See)

5) nach 7 Wochen aerober Behandlung von Restmüll < 50 mm (MBR Kufstein)

6) nach 20 Wochen aerober Behandlung von Restmüll/Klärschlamm <25 mm (MBR Oberpullendorf)

7) nach 16 Wochen aerober Restmüllbehandlung (MBR Lüneburg)

8) in Abhängigkeit der örtlichen klimatischen Gegebenheiten, des Deponietyps und Art der Betriebsführung

Die MBR führt im Vergleich zur direkten Deponierung zu einer wesentlichen Einsparung von Deponieraum. Bei einer Einbaudichte von $1,3 \text{ Mg/m}^3$ wird für die Deponierung lediglich ein Volumen von 385 Liter benötigt, während für die direkte Deponierung von Restabfall mindestens 1 m^3 Deponieraum verfüllt werden muss. Selbst für dieses auf konservativen Annahmen beruhende Rechenbeispiel beträgt die Deponieraumersparnis über 60 %.

Durch die geringe biologische Restaktivität des mechanisch-biologisch vorbehandelten Materials in Kombination mit einem hochverdichteten Einbau (k -Wert ca. 10^{-7}) können die über das Sickerwasser ausgetragenen Schadstofffrachten um 80 bis 90 % vermindert werden. Zur hydraulischen Durchlässigkeit des behandelten Restmülls kann grundsätzlich festgehalten werden, dass diese bei Erhöhung der Kenngrößen Einbau-/Ablagerungsdichte, Auflast/Deponiehöhe, Zerkleinerungsgrad und Abbaugrad der organischen Substanz sinkt.

Die Deponiegasmengen aus Kompartimenten von Massenabfalldéponien gemäß Deponieverordnung, die ausschließlich mit mechanisch-biologisch vorbehandelten Restabfällen beschickt worden sind, werden nach derzeitigem Wissensstand (auch in den ersten 5 bis 10 Jahren) insgesamt weniger als $20 \text{ m}^3/\text{Mg}$ Deponiegut betragen. In den folgenden Jahren wird die Gasbildungsrate noch geringer ausfallen.

Aufgrund der weitgehend abgeschlossenen biologischen Abbauvorgänge ergeben sich für den Deponiebetrieb mit MBR-Material im Vergleich zu unbehandelten Restabfällen weitere Vorteile. Die zu erwartenden Setzungen liegen i.d.R. bei $< 5 \%$ und sind somit als unproblematisch zu bezeichnen

8. Alternativen zur Verwertung bzw. Entsorgung der Klärschlämme des Mürzverbands

Im diesem Kapitel werden die Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten „Landwirtschaftliche Verwertung“, „Landschaftsbau“ und „Thermische Behandlungsverfahren“, näher betrachtet.

8.1. Landwirtschaftliche Verwertung

Wie bereits in Kapitel 5.1 erwähnt wird in Österreich zur Zeit nur etwa 23 % des anfallenden Klärschlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau verwertet. Im Beobachtungsgebiet wird überhaupt kein Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet, obwohl die Voraussetzung dafür gegeben wären.

Als Hauptgründe für die geringe Verwendung von Klärschlamm in der österreichischen Landwirtschaft sind zu nennen [14]:

- zu hohe Schwermetallgehalte im Schlamm,
- ungünstiges Verhältnis von regionalem Schlammanfall und verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen,
- geringe Akzeptanz für das Produkt Klärschlamm in der Landwirtschaft (Negative “Werbung” durch die Bauernkammern),
- gestiegenes Qualitätsbewusstsein für landwirtschaftliche Produkte (Verstärkter Absatz von sogenannten Bioprodukten),
- bisher ausreichende Deponiekapazitäten und relativ geringe Kosten für die Ablagerung und
- die ungeklärte Haftungsfrage

8.1.1. Möglichkeiten der Verwertung in der Landwirtschaft [15]

- Nassschlammverwertung

Die Stabilisierung erfolgt aerob oder anaerob, die Eindickung vor oder nach der Stabilisierung auf einen Trockensubstanzgehalt von rund 5 %.

Die Vorteile der Nassschlammaufbringung liegen in der bezüglich Technik, Verfügbarkeit und Realisierungszeit günstigen Kostenstruktur. Die Anforderungen an das Personal sind aufgrund der nicht notwendigen Vorbehandlung sehr gering. Die Ausbringung kann mit großen Tankwagen erfolgen, welche üblicherweise zur Gülleaufbringung in den landwirtschaftlichen Betrieben bereits vorhanden sind. Dadurch wird ein gleichmäßiges Verteilen auf der Fläche erreicht, was gegenüber dem entwässerten Klärschlamm einen wesentlichen Vorteil darstellt. Nassschlamm hat einen hohen Düngerwert bezüglich Stickstoff und Phosphor.

Die Nachteile der Nassschlammverwertung liegen im großen Aufwand für das Zwischenlager, den Transport und in der unsicheren Absatzsituation für die Kläranlagenbetreiber während des Jahres, da die Klärschlammaufbringung nicht während des gesamten Jahres gleichmäßig erfolgen kann.

- Verwertung von entwässertem Klärschlamm

Es ist ein zusätzlicher Entwässerungsschritt mit mechanischen Aggregaten (Zentrifuge, Bandfilterpresse, Kammerfilterpresse) notwendig, dadurch wird ein Trockensubstanzgehalt von 20 bis 40 % erreicht.

Der Hauptvorteil der Verwertung von entwässertem Klärschlamm in der Landwirtschaft liegt in der Verringerung des Aufwandes für Zwischenlager und Transport. Die Ausbringung des entwässerten Klärschlammes erfolgt mit Streufahrzeugen (Miststreuer). Neigt der Klärschlamm zum Schmiereln, kann nach der Entwässerung Kalk zugegeben werden. Dies führt auch zu einer Verbesserung des Düngerwertes. Es liegt in diesem Fall ein Phosphordünger mit erheblicher Kalkwirkung vor.

Die Nachteile der Verwendung von entwässertem Klärschlamm liegen in den Kosten für die Entwässerungsaggregate, die zusätzlich angeschafft werden müssen und in zusätzlichen Personalkosten für die Bedienung und Instandhaltung dieser Anlagen. Darüber hinaus muss der notwendige Platz zur Verfügung gestellt werden.

Die Ausbringung erfolgt nicht so gleichmäßig wie bei der Nassschlammaufbringung, darüber hinaus ist die Entsorgungssicherheit übers Jahr ebenfalls nicht gegeben. In diesem Fall spielt dieser Umstand aber eine geringere Rolle, da die Lagerung einfacher und kostengünstiger bewerkstelligt werden kann. Klärschlamm ohne Kalkzusatz weist einen geringen Düngerwert auf, er stellt vor allem einen Phosphatdünger dar, der organisch gebundenen nicht wasserlöslichen Stickstoff enthält, der als Depotdünger für nachfolgende Kulturen wirkt.

- Aufbringung von Klärschlammkomposten

Durch die Kompostierung wird der Gehalt an organischer Substanz verringert, da organische Schadstoffe durch den Kompostiervorgang zum Teil abgebaut werden. Die Schwermetalle werden nicht abgebaut, wodurch es zu einer Anreicherung der Schwermetalle durch die Verringerung der organischen Substanz kommt. Die Schwermetalle werden aber fester in den Klärschlamm eingebunden, wodurch sie wasserunlöslich werden.

Die Vorteile von Klärschlammkomposten sind die gute Lagerbarkeit und die mit der Kompostierung einhergehende teilweise Trocknung.

Die Nachteile sind die hohen Kosten für die Kompostierungsanlage und für zusätzliches qualifiziertes Personal. Beim Absatz von Klärschlammkomposten ergibt sich ein zusätzliches Problem durch die starke Konkurrenz von Bioabfallkomposten, die meist wesentlich geringere Belastungen an Schwermetallen aufweisen.

Tabelle 8.1 gibt einen Überblick über die Nährstoffgehalte der einzelnen Klärschlammarten.

Tabelle 8.1: Durchschnittliche Nährstoffgehalte im Klärschlamm [16].

Klärschlamm	Pflanzennährstoffe in g/kg TR				
	Stickstoff	Phosphat	Kalium	Magnesium	Calcium
flüssig	20-50	5-10	1-5	2-10	20-50
entwässert/ ohne Kalk	15-40	10-30	1-5	2-10	20-50
entwässert/ mit Kalk	10-25	10-30	1-5	2-10	50-150
getrocknet	5-15	10-30	1-5	2-10	20-150

8.1.2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Alle abfallwirtschaftlichen Planungen zur Verwertung und Entsorgung von Abfällen sind gemäß § 1 Abfallwirtschaftsgesetz 1990 [17] - in diesem Fall kommunale Klärschlämme - so auszurichten, dass

- schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen auf Menschen sowie auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt so gering wie möglich gehalten,
- Rohstoff- und Energiereserven geschont werden,
- der Verbrauch von Deponievolumen so gering wie möglich gehalten wird,
- nur solche Stoffe als Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung kein Gefährdungspotential für nachfolgende Generationen darstellt (Vorsorgeprinzip).

Wasserrechtsgesetz [18]

In der Wasserrechtsnovelle 1990, wurden neue bewilligungspflichtige Tatbestände geschaffen. Nach § 32 (2) lit. f ist eine wasserrechtliche Bewilligung für das Aufbringen von Düngemitteln auf landwirtschaftliche Nutzflächen (Gartenbauflächen sind hier ausgenommen), wenn die gesamte Düngergabe, berechnet als Reinstickstoffwerte, bestimmte Grenzwerte überschreitet, erforderlich. Unter Düngemittel werden hier

- Wirtschaftsdünger, wie Mist, Jauche und Gülle,
- Handelsdünger,
- Klärschlamm und andere zur Düngung aufgebrauchte Abfälle

verstanden.

Der Grenzwert, berechnet als Reinstickstoffwerte, liegt bei 175 kg pro Jahr und Hektar für landwirtschaftliche Flächen ohne Grünbedeckung und wird auf 210 kg pro Jahr und Hektar für Flächen mit Grünbedeckung, einschließlich Dauergrünland oder mit stickstoffzehrenden Fruchtfolgen festgesetzt.

Im Sinne des WRG fällt Klärschlamm also ausdrücklich unter die Begriffe Düngemittel bzw. zur Düngung aufgebrauchte Abfälle.

Düngemittelgesetz [19]

Im Zuge der Novellierung des Düngemittelgesetzes war es geplant das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln grundsätzlich zu verbieten, wenn diese Klärschlamm und Klärschlammkompost enthalten. Dies hätte zu einer massiven Rechtsunsicherheit geführt, da das Aufbringen von Klärschlamm und Klärschlammkompost einerseits durch Landesverordnungen erlaubt gewesen wäre und andererseits durch das Düngemittelgesetz verboten wäre. Bei Anpassung der Landesgesetze an das Düngemittelgesetz wäre der Weg der landwirtschaftlichen Entsorgung entfallen.

Daher ist das jetzige Düngemittelgesetz nicht mehr für Klärschlamm und Klärschlammkomposte zuständig, es gelten weiterhin die Landesverordnungen und Bodenschutzgesetze.

Bodenschutzgesetze und Klärschlammverordnungen der Steiermark

Die Bodenschutzgesetze und Klärschlammverordnungen werden am Beispiel der Steiermark behandelt, da alle Bodenschutzgesetze und Klärschlammverordnungen abgesehen von den zulässigen Ausbringungsmengen, den Überprüfungsfristen, den zulässigen Grenzwerten für Schadstoffe im Klärschlamm und im Boden, die in den einzelnen Bundesländern marginal unterschiedlich sind, vom System her ähnlich aufgebaut sind und da das Beobachtungsgebiet im Bundesland Steiermark liegt.

Auch die Unterschiede zur Klärschlammverordnung der Bundesrepublik Deutschland sind, bis auf das generelle Verbot der Ausbringung von Klärschlamm auf Dauergrünland in der BRD, marginal. In der Klärschlammverordnung der BRD sind auch Grenzwerte für adsorbierbare, organische Chlorverbindungen (AOX), polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) enthalten [20]. Diese Verordnung diente der oberösterreichischen Landesregierung wohl als Anregung für die Verordnung zu Klärschlamm, Müll- und Klärschlammkompost [21].

Das Steiermärkische Bodenschutzgesetz [22]:

Dieses Landesgesetz soll landwirtschaftliche Flächen in erster Linie vor einem Schadstoffeintrag schützen, der zu Ertragseinbußen führen würde. Außerdem soll die Bodenfruchtbarkeit erhalten sowie eine weitere Bodenerosion und Bodenverdichtung vermieden werden. In diesem Sinne wird im zweiten Abschnitt die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost geregelt.

Voraussetzung für die Klärschlammaufbringung ist ein Zeugnis einer von der Landesregierung anerkannten Untersuchungsanstalt. Diese hat sowohl Analysen des Klärschlammes als auch die Untersuchungen des Bodens durchzuführen. Die Untersuchungsparameter sind in der weiter unten beschriebenen Klärschlammverordnung festgelegt.

Pro Jahr und Hektar Grünland dürfen maximal 1,25 Mg TS Klärschlamm aufgebracht werden. Ackerland darf mit der doppelten Menge beschlammung werden. Eine Verdoppelung dieser Mengen ist dann zulässig, wenn im vorangegangenen Jahr keine Klärschlammaufbringung stattgefunden hat.

Die Steiermärkische Klärschlammverordnung [23]:

Diese Landesverordnung wurde aufgrund § 12 des Steiermärkischen Bodenschutzgesetzes erlassen. Die wesentlichen Inhalte werden hier kurz aufgeführt:

§ 1 Beschaffenheit des Klärschlammes und des Müllkomposts

(1) Klärschlamm, der zur Aufbringung auf landwirtschaftliche Böden abgegeben werden soll, ist im Aufbringungszustand auf folgende Parameter zu untersuchen:

Wassergehalt, Trockensubstanz, abbaubare organische Substanz, Gesamtstickstoff, Nitrat-Stickstoff, Ammonium-Stickstoff, Gesamtphosphor, Gesamtkalium, Kalzium, Magnesium, Natrium, Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Kobalt, Molybdän, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber, pH-Wert, Dichte, seuchenhygienische Unbedenklichkeit und Pflanzenverträglichkeit.

Klärschlamm, der zur Aufbringung auf landwirtschaftlichen Böden abgegeben werden soll und aus Anlagen von über 30.000 Einwohnergleichwerten stammt, ist zusätzlich auf folgende organische Schadstoffe zu untersuchen:

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, polychlorierte Biphenyle und chlorierte Kohlenwasserstoffe anhand von ausgesuchten Leitsubstanzen.

Die Untersuchungen sind bei Abwasserreinigungsanlagen mit einem Abwasseranfall im Ausmaß von 31 bis einschließlich 2.000 Einwohnergleichwerten im Abstand von höchstens 6 Monaten, bei mehr als 2.000 bis einschließlich 10.000 Einwohnergleichwerten im Abstand von höchstens 4 Monaten, bei mehr als 10.000 bis 30.000 Einwohnergleichwerten im Abstand von höchstens 3 Monaten und darüber hinaus im Abstand von höchstens 2 Monaten vorzunehmen.

Die Untersuchungen sind bei Kompostieranlagen in einem Abstand von höchstens 3 Monaten durchzuführen.

§ 2 Beschaffenheit der Aufbringungsflächen

Klärschlamm darf nur auf landwirtschaftlichen Böden aufgebracht werden, die nach den von der Bundesanstalt für Bodenkultur erstellten Bodenempfindlichkeitskarten als minder empfindlich oder weitgehend tolerant eingestuft sind.

Landwirtschaftliche Böden, die nach Abs. 1 für die Beschlämmung geeignet sind und auf denen erstmalig Klärschlamm aufgebracht werden soll, sind auf folgende Parameter des Oberbodens zu untersuchen:

organische Substanz, pflanzenverfügbares Phosphat, pflanzenverfügbares Kalium, pflanzenverfügbares Magnesium, Karbonate, Kalkbedarf (bei pH-Wert unter 6), austauschbare Kationen (Kalzium, Magnesium, Kalium, Natrium), lösliche Mikronährstoffe (Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Bor) und Gesamtgehalte von Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Kobalt, Molybdän, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber sowie PH-Wert und Dichte.

Vor jeder weiteren Aufbringung von Klärschlamm ist eine weitere Untersuchung durchzuführen, sofern die letzte Untersuchung mehr als 4 Jahre zurückliegt.

§ 3 Zulässige Grenzwerte im Klärschlamm und im Boden

In landwirtschaftlichen Böden darf der pflanzenverfügbare Schadstoffgehalt keinen der in Tabelle 4, genannten Grenzwerte überschreiten.

§ 4 Jährlich zulässige Schadstofffrachten

Die jährlich zulässigen Frachten können bei landwirtschaftlichen Böden, die nach der Bodenempfindlichkeitskarte als weitgehend tolerant eingestuft sind, verdoppelt werden, wenn im vorangegangenen Jahr eine Klärschlammaufbringung unterblieben ist.

Die Aufbringung von Klärschlamm und Gülle im selben Jahr ist verboten.

§ 5 Aufbringungszeugnis

Auf Grund des Boden- und des Klärschlammuntersuchungsbefundes ist ein Aufbringungszeugnis auszustellen. Die Aufbringungszeugnisse sind 10 Jahre aufzubewahren.

§ 6 Aufbringung

Auf Ackerflächen darf Klärschlamm nur aufgebracht werden, wenn er vor der Saat in den Boden eingearbeitet wird.

Bei der Aufbringung von Klärschlamm muss der Boden so weit abgetrocknet sein, dass Bodenverdichtungen tunlichst vermieden werden.

Die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost ist verboten:

- a) auf Gemüse- und Beerenobstkulturen;
- b) auf Wiesen und Weiden, ausgenommen im Herbst nach der letzten Nutzung;
- c) auf wassergesättigten oder durchgefrorenen landwirtschaftlichen Böden;
- d) auf landwirtschaftlichen Böden in Hanglagen mit Abschwemmungsgefahr (ausgenommen die Aufbringung von Müllkompost zur Erosionsminderung);
- e) im Feldfutterbau, ausgenommen im Herbst nach der letzten Nutzung;
- f) in Naturschutzgebieten;
- g) in verkarsteten Gebieten und auf Mooren.

§ 7 Abgabebestätigung

Es ist eine Bestätigung über die Abgabe von Klärschlamm und Müllkompost zur Aufbringung auf landwirtschaftlichen Böden auszustellen. Der Bestätigung ist das gültige Aufbringungszeugnis gemäß § 5 anzuschließen

Ausfuhr von Klärschlamm

Dieser Paragraph wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da hier ein Teil der, für Klärschlamm wichtigen, Gesetze erläutert wird. Das Thema Klärschlammexport ins Ausland wurde bereits Kapitel 4. abgehandelt.

Die Ausfuhr von Klärschlamm unterliegt, wie alle Abfälle der Genehmigung des Bundesministers für Umwelt (Abfallwirtschaftsrecht § 35).

Die Bewilligung ist dann zu erteilen, wenn im Inland keine entsprechenden Behandlungskapazitäten vorhanden sind (dies trifft für Klärschlamm nur äußerst bedingt zu); eine Erklärung des Einfuhrstaates vorliegt, dass gegen die Einfuhr der Abfälle kein Einwand besteht; eine Bestätigung des Einfuhrstaates vorliegt, dass ein Vertrag zwischen dem Exporteur und dem Behandler abgeschlossen wurde; völkerrechtliche Verpflichtungen nicht entgegenstehen [17].

8.1.3. Sonstige Rahmenbedingungen

In diesem Unterkapitel werden die Fragestellungen der Bodenempfindlichkeit und der Akzeptanz behandelt.

Auswertungsschema für die Erstellung von Bodenempfindlichkeitskarten

Die Tabelle soll einen Überblick über die Bewertungsparameter einer Bodenempfindlichkeitskarte geben. Auf eine Interpretation der Tabelle wurde verzichtet, da dies den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen würde.

Tabelle 8.2: Auswertungsschema für die Erstellung von Bodenempfindlichkeitskarten. Entwurf : P. Nelhiebel, O. Danneberg, M. Eisenhut und W. Hellmann

Parameter	Bewertung			
	0	1	2	
Reaktion, pH-Wert	stark sauer, sauer < 4,5 - 5,5	schwach sauer 5,6 - 6,5	neutral, alkalisch, stark alkalisch 6,6 - > 8,0	
Bodenschwere bis 50 cm Tiefe	sehr leicht, leicht (Sand, schluffiger Sand, lehmiger Sand, sandiger Schluff, Schluff)	mittelschwer (toniger Sand, sandiger Lehm, lehmiger Schluff)	schwer, sehr schwer (sandiger Ton, Lehm, schluffiger Lehm, lehmiger Ton, Ton)	
Organische Substanz bis 30 cm Tiefe <u>Entscheidungshilfen:</u> 1. Falls humoser Horizont nur bis 15 cm Tiefe (z.B. 10 - 15 cm) dann = <u>Punktzahl</u> 2. Bei stark humos bis mittelhumos bzw. mittelhumos bis schwach humos und über 30 cm mächtig = <u>2 bzw. 1</u> 3. Wenn Boden bis 20 cm stark humos bzw. mittelhumos und darunter, schwach humos = <u>2 bzw. 1</u> 4. Bei sauren und stark sauren bzw. stark bis schwach sauren Böden = <u>Punktzahl = 0</u>	schwach humos < 1,5 % org. Substanz	mittelhumos 1,5 - 4,0 % org. Substanz	stark humos > 4,0 % org. Substanz	
Durchlässigkeit	Trockengebiet (< 700 mm NS/a)	sehr hoch	hoch	mäßig, gering, sehr gering
	Feuchtgebiet (> 700 mm NS/a)	sehr hoch, hoch	mäßig	gering, sehr gering
Grund- bzw. Hangwassertiefe	im Profil < 1,5 m	nicht mehr im Profil 1,5 - 5 m	in größerer Tiefe > 5 m	
Hängigkeit	hängig 11 - 15°	leicht hängig 6 - 10°	eben bis schwach geneigt 0 - 5°	

Erosionsgefährdung				
<u>Entscheidungshilfen:</u>				
1. Stellenweise mäßig gefährdet = 1,5		stark gefährdet	mäßig gefährdet	nicht gefährdet
2. "im allgemeinen nicht gefährdet" = 2				
3. "nur bei Katastrophenhochwasser überschwemmungsgefährdet" = 1				
Wasserverhältnisse			mäßig feucht, gut versorgt,	
<u>Entscheidungshilfen:</u>				
1. "mäßig feucht, stellenweise feucht oder nass" = 0,5			durch Grundwasser wechselfeucht	
2. Bei Schwankungsbreite von gut versorgt bis nass = 0,5		wechselfeucht	Überwiegen Trockenphase,	gut versorgt,
		in extremer Ausprägung	mäßig wechselfeucht, wechselfeucht, trocken, sehr trocken	mäßig trocken (ohne Grundwasser)
Meliorationen		zumeist entwässert	nicht entwässert	-
			Übergänge = 0,5 Punkte	
			"zum Teil" = 0,5 Punkte	
			Punktemaximum = 17	
Empfindlich	sind (unabhängig von der Punkteanzahl) Böden mit folgenden Eigenschaften :			
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Feucht, nass, wechselfeucht mit Überwiegen der Feuchtphase 2. Stark überschwemmungsgefährdet 3. Hohe und sehr hohe, bzw. hohe bis mäßige Durchlässigkeit in Verbindung mit Grund- bzw. Hangwasser im Profil 4. Stark hängig (16 - 20°), steilhängig (> 20°). 			
Empfindlich	sind weiters Böden, die 9,5 und weniger Punkte erreichen.			
Minder empfindlich	sind Böden, die 10 bis 12 Punkte erreichen.			
Weitgehend tolerant	sind Böden, die 12,5 und mehr Punkte erreichen.			
Anmerkung: Bei <i>weitgehend toleranten</i> sowie bei <i>minder empfindlichen</i> Flächen ist ab den Neigungsverhältnissen "schwach geneigt" (> 2°) nur <u>entwässerter Klärschlamm</u> zu verwenden. Bei tonreichen Böden, die zu starken Schrumpfungen neigen (Schwundrisse), ist ebenfalls nur <u>entwässerter Klärschlamm</u> zu verwenden, wenn sich das Grundwasser nicht tiefer als 5 m befindet.				

Akzeptanz der Bevölkerung

Im folgenden werden Punkte genannt, die für die Akzeptanz der Bevölkerung für die landwirtschaftliche Klärschlammausbringung wichtig sind:

- Kooperation mit der Landwirtschaft

Es sollte eine enge Kooperation mit den regionalen landwirtschaftlichen Organisationen, Fachbehörden und Verbänden gesucht werden. Insbesondere ist eine enge Zusammenarbeit mit den Basisorganisationen der Landwirtschaft, z.B. den Bauernverbänden und den Maschinenringen (bzw. vergleichbaren Organisationen) unverzichtbar.

- Klärung der Haftung

Unabhängig von der Organisationsform sollten alle Klärschlammabgeber an einem überregionalen Haftungs- und Entschädigungsfond beteiligt sein.

- Beratung der Verwerter

Auf eine fachlich qualifizierte Information der Landwirte über die Auswirkungen der Gesetzeslagen sowie eine kompetente Beratung bei der Klärschlammmanwendung (Aufstellung von Düngeplänen, Informationen über Verfügbarkeit der Nährstoffe) ist größter Wert zu legen. Eine Beratung durch Fachleute, die aus der Landwirtschaft stammen, wirkt sich hier vertrauensfördernd aus.

- Kontrolle durch Untersuchung von Klärschlämmen und Böden sowie Erstellung eines Klärschlamm- und Bodenkatasters

Vorteilhafterweise werden Klärschlamm- und Bodenuntersuchungen durch eine Vertrauensinstitution der Landwirtschaft durchgeführt. Die Häufigkeit dieser Untersuchungen kann eventuell über das gesetzlich vorgeschriebenen Maß hinausgehen. Als Zielkonzeption sollten die Einzeluntersuchungen in einem EDV-gestützten Klärschlamm- und Bodenkataster zusammenlaufen.

- Erhöhung der Klärschlammqualität

Um möglichen Grenzwertsenkungen im Rahmen einer Novellierung der Steiermärkischen Klärschlammverordnung zuvorzukommen, sollten weiterhin Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung der Schlämme ergriffen werden. Als behördliches Instrumentarium steht hier die Indirekteinleiterkontrolle zur Verfügung. Von Vorteil für die landwirtschaftliche Anwendung ist auch die Vergleichmäßigung des Düngewertes.

- Stellung von geeigneten Gerätschaften für Transport, Ver- und Umladung sowie die Ausbringung und Einarbeitung

Notwendige technische Einrichtungen sollten an zentraler Stelle zur Verfügung gehalten werden, um von den verwertenden Landwirten bei Bedarf angefordert werden zu können. Optimal wäre die Übernahme dieser Funktion durch Maschinenringe, da hier ein Großteil der benötigten Geräte bereits vorhanden ist und damit hohe Investitionskosten vermieden werden können.

8.1.4. Umweltverträglichkeit

Es gibt wohl kaum einen Stoff, der hinsichtlich seiner Verwertung bzw. Entsorgung seit mehr als 20 Jahren so kontrovers diskutiert wird wie der Klärschlamm. In der Novellierungsdiskussion zur deutschen Abfallklärschlammverordnung wurden Anfang der 90-er Jahre vereinfacht ausgedrückt folgende Aussagen vertreten:

- Die Verwertungsgegner sehen in erster Linie das Schadstoffpotential, sind der Auffassung, dass es sich bei Klärschlamm um eine Schadstoffsenke handelt und es deshalb unsinnig sei, die einmal gesammelten Schwermetalle und persistenten organischen Schadstoffe wieder breitflächig in der Landwirtschaft auszubringen (Streudeponie). Die organischen Schadstoffe sollten vielmehr gezielt in Abfallverbrennungsanlagen vernichtet und die anfallenden Reststoffe, eventuell nach vorgeschalteten Immobilisierungsverfahren, deponiert werden. Als prominentere Vertreter dieses Standpunktes sind das Umweltbundesamt (UBA) und Bundesgesundheitsamt (BGA) und in Österreich die einzelnen Bauernkammern zu nennen [14].
- Auf der anderen Seite stehen die Befürworter einer landwirtschaftlichen Verwertung, die den Klärschlamm in erster Linie aufgrund der enthaltenen Wertstoffe, wie beispielsweise Stickstoff, Phosphor, Kalium, des organischen Anteils und der Spurenelemente beurteilen. Hier sind primär die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) sowie das Umweltbundesministerium (BMU) zu nennen. Auch hier wird die Schadstoffproblematik erkannt, man glaubt aber diese durch konsequente Maßnahmen an der Quelle (insbesondere durch verschärfte Indirekteinleiterverordnungen) auf ein vertretbares Minimum reduzieren zu können [14].

Argumente für die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Böden

- Enthaltene Nährstoffe:

Der Nährstoffgehalt in Klärschlammen ist abhängig von der Abwasserqualität, dem Abwasserreinigungsverfahren und dem Klärschlammbehandlungsverfahren. Als Wertstoffe sind vor allem Phosphat, Kalk, organische Substanz, untergeordnet Stickstoff und Magnesium, zu nennen. Als Spurennährstoffe sind Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Kobalt, Molybdän und Bor enthalten, wobei zu beachten ist, dass diese Stoffe in Mineraldüngern nicht vorhanden sind. Weiters sind als Nutzstoffe Natriumionen, Chloridionen und Silizium enthalten [24].

1. Phosphat

Durch verstärkte Phosphatfällung in den Kläranlagen wird Phosphat im Klärschlamm angereichert. Die Pflanzenverfügbarkeit ist abhängig von der angewandten Fällungsmethode in der Kläranlage und vom pH-Wert im Boden.

2. Stickstoff

Im Vergleich zu Mineraldüngern sind im Klärschlamm eher geringe Mengen an Stickstoff enthalten. Beim Stickstoff muss aber der Anteil an lang- und kurzfristig wirksamen Bestandteilen besonders beachtet werden. Der Umwandlungsprozess zwischen organischer und mineralischer Bindungsform ist kompliziert.

Pflanzenverfügbarer Stickstoff soll nach Menge und Zeit dem Pflanzenbedarf entsprechen.

Der Ammonium-Anteil des Stickstoffes ist zu 90 % pflanzenverfügbar, daher sollte Klärschlamm mit hohem Ammonium-Anteil im Frühjahr ausgebracht werden, damit der pflanzenverfügbare Stickstoff während der Vegetation verbraucht wird und nicht als Nitrat ins Grundwasser gelangen kann. Nitrat wird nicht an feste Bodenteilchen gebunden und ist daher von der Auswaschung ins Grundwasser bedroht.

Die biologische Bindung ist die wirksamste Form um den Stickstoff vor der Auswaschung zu schützen, d.h. durch Koppelung der Stickstoffdüngung z.B. mit einer Strohdüngung wird durch ein Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis von rund 20:1 ein Überangebot an Kohlenhydraten für die Mikroorganismen geschaffen, wodurch sie verstärkt Stickstoff zur Eiweißsynthese verbrauchen.

Tabelle 8.3 gibt einen Überblick über die im Klärschlamm enthaltenen Matrixelemente.

Tabelle 8.3: Matricelemente im Klärschlamm am Beispiel der ABA Zürich-Werdhölzli [24].

	Mittelwert	Bereich
Matricelemente	[g/kg TS]	[g/kg TS]
Wasserstoff	34	32-62
Kohlenstoff	220	180-260
Sauerstoff	170	159-180
Silizium	65	61-69
Calcium	73	66-80
Stickstoff	27	22-32
Eisen	75	72-87
Phosphor	34	28-40
Aluminium	25	23-26
Schwefel	8	7-9

- Kostengünstigkeit des Entsorgungspfades:

Im Vergleich zur thermischen Verwertung oder Deponierung ergeben sich geringere Investitionskosten, im Vergleich zu Mineräldüngern ergeben sich geringere Transportkosten, da die Aufbringung in der Regel in der Nähe der Kläranlage erfolgt.

- Der Grundsatz der Wiederverwertung wird verfolgt:

Die Aufbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft ist die einzige bis jetzt praktizierte Methode zur Klärschlammverwertung, die eine Schließung des Stoffkreislaufes ermöglicht.

- Bodenverbesserung durch Zufuhr von organischer Substanz:

Da die Bodenfruchtbarkeit entscheidend bei Belastung hinsichtlich einseitiger Fruchtfolge, Emissionsbelastung und maschinenbedingter Druckbelastung ist, soll ein Humusspiegel, welcher der Bodenart und Bewirtschaftungsweise entspricht, gehalten werden. Die biologische Aktivität des Bodens kann aber nur gefördert werden indem man dem Boden genügend organische Substanz als Futter für die Mikroorganismen zuführt. Nur ein biologisch aktiver Boden ist in der Lage organische Schadstoffe und Pflanzenschutzmittel in der gewünschten Zeit abzubauen. Die Zufuhr von reproduktionswirksamen organischen Substanzen der organischen Trockenmasse von Klärschlamm entspricht etwa der von Stallmist. Klärschlammkompost ist um den Faktor 1,25 wirksamer, da durch den Rotteprozess die organische Substanz eine biologische Umsetzung erfahren hat [25].

Argumente gegen die Aufbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft

- Nährstoffgehalte:

Die Gehalte an Nährstoffen im Klärschlamm unterliegen erheblichen Schwankungen. Sie sind abhängig von der Abwasserqualität, vom Abwasserreinigungsprozess und vom Klärschlammbehandlungsverfahren. Das Nährstoffverhältnis ist darüber hinaus unausgeglichen, d.h. der Phosphatgehalt geht über den Bedarf hinaus während Kalium fehlt. Durch die Phosphoreliminationsverfahren in den Kläranlagen kommt es zu zusätzlichem Schwermetalleintrag in den Klärschlamm [24].

Die Stickstoffverfügbarkeit ist nicht genau kalkulierbar wie bei Mineraldüngern und ist von der Anlieferungsform abhängig.

- Einbringung von anorganischen Schadstoffen:

Der Schwermetalleintrag aus gewerblichen und industriellen Quellen ist gut abschätzbar und in Zukunft durch strengere Einleitbedingungen noch verringert. Ein Problem stellen die diffusen Quellen für Schwermetalle dar, deren Frachten nur langfristig zu verringern sein werden. Dazu zählen Hausinstallationen wie z.B. Zink- und Kupferrohrleitungen, die langfristig durch Kunststoffrohre ersetzt werden können, Abrieb von Geschirr, Abwasser von befestigten Flächen, welche mit Depositionen aus der Luft belastet sind und chemische Erosionen von Metalloberflächen wie Dachrinnen. Es werden aber auch Schwermetalle durch Handelsdünger, atmosphärische Deposition und Pestizide in die Umwelt eingebracht.

Einen schwermetallfreien Klärschlamm im Sinne von Konzentrationen kleiner als 1 mg/kg Trockensubstanz wird es nie geben, ebenso wenig wie einen schwermetallfreien Boden. Die technischen Möglichkeiten Schadstoffe aus dem Klärschlamm nachträglich zu entfernen sind begrenzt.

Schwermetalle werden im Boden nicht abgebaut. Die Pflanzenverfügbarkeit und die Gefahr von Auswaschung ist abhängig von folgenden Größen: Dem pH-Wert, der Kationenaustauschkapazität, dem Gehalt an organischer Masse, der Menge an vorhandenen Magnesium- und Eisenionen und vom Redoxpotential. Verfügbare Metalle und Salze aus dem Bodenkörper werden durch die Klärschlammaufbringung schneller mobilisiert, d.h. die Schadstoffe wandern ins Grundwasser. Durch Einbringung von Schwermetallen kommt es zu einer Milieuänderung im Boden, wodurch eine Erhöhung der Löslichkeit von anorganischen (Chlorid- und Sulfatliganden) und organischen Metallspezies eintritt.

Blei, Chrom und Quecksilber werden an Sorptionskomplexen des Bodens relativ fest gebunden. Die Belastung von Pflanzen mit Blei kommt meist durch eine Staubaufgabe zustande.

Kupfer als essentieller Pflanzennährstoff wirkt bereits bei geringer Konzentrationsüberschreitung toxisch, gelangt aber nicht in die Nahrungskette, da die Pflanzen bei erhöhter Kupferkonzentration nicht gedeihen.

Cadmium wird von Pflanzen aufgenommen und akkumuliert. Bei Langzeitverfütterung an Tiere reichert sich Cadmium in Leber und Niere an. Auf den Menschen wirkt Cadmium toxisch und kanzerogen. Die laut WHO tolerierbare Cadmium-Belastung beim Menschen ist bereits zu 40 % erreicht [24].

Einbringung von organischen Schadstoffen:

Die Anzahl der organischen Verbindungen ist nahezu unbegrenzt. Im Klärschlamm reichern sich vor allem apolare Stoffe an. Organische Schadstoffe im Klärschlamm sind organische Chemikalien die weder als Naturstoffe in menschlichen oder tierischen Ausscheidungen, in Küchenabfällen, in Gewerbe und Industrieabfällen vorhanden sind, noch durch Klärschlamm Bakterien biosynthetisiert werden.

Organische Schadstoffe gelangen über den Boden-Pflanzen-Pfad nicht in die Nahrungskette, weil sie meistens fest an die Huminstoffe des Bodens gebunden sind, die Aufnahme durch Pflanzenwurzeln gering ist und durch ihren lipophilen Charakter die Weiterleitung ins Wurzelinnere und der Transport in die oberirdischen Pflanzenteile gering ist. Die Aufnahme durch Weidetiere erfolgt vor allem durch Klärschlammteilchen, die an den Pflanzenteilen anhaften [26, 27].

Zum Teil sind organische Klärschlammhaltsstoffe vollständig abbaubar, wie z.B. Tenside. Der Abbau erfolgt im Boden in der Regel jedoch sehr langsam. Schwerabbaubare organische Stoffe wie PCB akkumulieren sich im Boden, durch zusätzliche Sorptions- und Kondensationsvorgänge kann die Elimination von Schadstoffen vorgetäuscht werden.

Als Beispiele möchte ich Polychlorierte Biphenyle (PCB) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) herausgreifen.

PCB kommen ins Abwasser vornehmlich an Feststoffe gebunden vor. Es kommt zu keiner relativen Anreicherung durch die Biomassereduktion im Faulturn. Sie haben eine hohe Affinität zu organischer Bodensubstanz. Mit zunehmendem Chlorierungsgrad nimmt die Flüchtigkeit und die Abbaubarkeit von PCB in Böden ab.

PAK kommen vor allem über Kfz-Abgase in die Abwässer. Sie weisen eine geringe Wasserlöslichkeit auf, können jedoch an Schwebstoffen adsorbiert werden. Niedrige Abbauraten begünstigen die Anreicherung von PAK im Klärschlamm. Die Abbaugeschwindigkeit hängt von der Anzahl der Kohlenstoffringe, der absoluten PAK-Konzentration und anderer Co-Metaboliten ab. Die Adsorption von PAK wird vom Humusgehalt bestimmt [24].

- Grundwasserkontamination:

Bei entsprechenden Bodenbedingungen konnte die Auswaschung von Schadstoffen und Salzen, vor allem Nitraten und Schwermetallen, nach der Aufbringung von Klärschlamm nachgewiesen werden.

- mengenmäßige Bodenbelastung:

Klärschlamm ist mengenmäßig hinsichtlich der Bodenbelastung dominant im Vergleich zu anderen Quellen. Für viele Schadstoffe ist er praktisch die einzige Kontaminationsquelle. In Kläranlagen werden primär Nährstoffe abgebaut, woraus für den Klärschlamm folgt, dass er ein Multi-Schadstoffmatrix darstellt und als Schadstoffsенke anzusehen ist.

Der Grund dafür ist, dass Schadstoffe im Klärschlamm angereichert und auf relativ kleine Flächen aufgebracht werden. Der atmosphärische Eintrag erfolgt hingegen auf große Flächen und in geringen Mengen. Kleinräumig können auch andere Schadstoffquellen überwiegen z.B. auf Böden in unmittelbarer Nähe von stark befahrenen Straßen.

- Langzeitfolgen:

Für viele Schadstoffe, die im Klärschlamm enthalten sind noch keine Langzeitfolgen bekannt, da sie noch nicht ausreichend untersucht wurden. Klärschlamm enthält außerdem unzählige Schadstoffe von denen bis jetzt nur ein kleiner Anteil analytisch erfasst wurde. Besonders hinsichtlich der ökotoxikologischen Auswirkungen besteht ein Wissensdefizit [27].

8.1.5. Entsorgungskosten:

Die Kosten für die Nassschlammaufbringung betragen zwischen 700 und 3.500 ATS/Mg TS. Dies entspricht 35 bis 175 ATS pro Kubikmeter Schlamm bei 5 % TS.

Die Kosten für die Aufbringung von entwässertem Klärschlamm belaufen sich auf 600 bis 2.000 ATS/Mg Trockensubstanz. Die Kosten sind in etwa mit denen der Nassschlammaufbringung vergleichbar, die Tendenz geht jedoch weitgehend in die Richtung der Ausbringung von entwässertem Klärschlamm, da hier die Gefahr der Auswaschung und Grundwasserkontamination deutlich geringer ist. Die Höhe der Kosten hängt hauptsächlich von der Europäischen Union, hier vor allem von der Höhe der Förderung für Produkte aus klärschlammfrei gedüngten Flächen, und den Kosten für die allfälligen Boden- und Klärschlammanalysen

8.2. Landschaftsbauliche Verwertung

In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten und Grenzen der Landschaftsbaulichen Verwertung in Österreich analysiert.

Der grundsätzliche Unterschied von Klärschlammverwendung im Landschaftsbau zur Verwendung in der Landwirtschaft besteht in der Aufbringungsmenge und in der Aufbringungshäufigkeit.

8.2.1. Möglichkeiten der landschaftsbaulichen Verwertung

Die Begriffe Landbau und Landschaftsbau sind deutlich voneinander zu unterscheiden. Unter Landbau versteht man die im vorangehenden Kapitel beschriebene landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzung von Flächen. Demgegenüber werden Anwendungen außerhalb dieses Bereichs unter Landschaftsbau zusammengefasst, wobei dieser Begriff nicht festgeschrieben ist und mehrere verschiedene Anwendungsfelder umfasst.

Unter Landschaftsbau im weiteren Sinn versteht man die Rekultivierung von Abfalldeponien, Rückstandshalden und Bergbaufolgeflächen sowie die Neuanlage und Unterhaltung von Grünflächen und den Böschungsbau. Quantitativ spielen aber meist nur die drei erstgenannten Einsatzbereiche eine wesentliche Rolle. Parks, Grünflächen, Sport- und Freizeitanlagen, Lärmschutzwälle und andere Objekte, an die man zunächst beim Begriff Landschaftsbau denkt, können quantitativ nur einen geringen Beitrag zum Verwertungsproblem bei Klärschlämmen leisten. Aus diesem Grund beschränken sich die nachfolgenden Ausführungen auf Abfalldeponien, Rückstandshalden und Bergbaufolgeflächen, bei denen je nach regionalen Verhältnissen teils erhebliche Potentiale bestehen.

Ziel bei Rekultivierungsflächen ist die Ausbringung eines begrünungsfähigen Substrats, das bereits kurz nach seiner Aufbringung eine geschlossene wasserrückhaltende Vegetationsdecke zu tragen imstande ist. Je nach Begrünungs- und Bepflanzungsplan kann sie sich ändern, muss aber stets so beschaffen sein, dass mit Ausnahme von Starkregen kein Wasser durch sie hindurchdringen kann.

Klärschlämme können daher im Landschaftsbau praktisch nie im unvermischten ursprünglichen Zustand eingesetzt werden. Anwendung finden hier immer begrünungsfähige klärschlammhaltige Substrate mit unterschiedlichsten Mischungskomponenten, vorwiegend strukturbildenden mineralischen Zuschlagsstoffen.

Die landschaftsbaulichen Maßnahmen bei Bergbaufolgefleichen unterscheiden sich zudem deutlich von denen bei Rückstandshalden oder Abfalldeponien. Während bei Bergbaufolgefleichen die Wiedernutzbarmachung und die Veräußerung der behandelten Flächen ohne Nutzungseinschränkungen im Vordergrund stehen, verlangen Abfalldeponien und Rückstandshalden eine Abdeckung zum Schutz vor atmosphärischen Einflüssen.

Bergbaulandschaften werden aufgrund ihrer Ausdehnung unabhängig von der späteren Nutzungsart oft zu Bergbaufolgelandschaften umgestaltet. Rückstandshalden oder Abfalldeponien bleiben trotz mitunter beachtlicher Größe stets nur eingestreute Punkte in einer ansonsten gewachsenen Landschaft. Die Vorsorgeansprüche sind entsprechend unterschiedlich.

Aus diesem Grund sind für die Klärschlammverwertung im Landschaftsbau zwei verschiedene Fallgruppen zu unterscheiden:

- Bei der Rekultivierung von Bergbaufolgefleichen ist eine uneingeschränkte Nachnutzbarkeit zu fordern.
- Unter dem Aspekt einer ohnehin eingeschränkten Nachnutzbarkeit können in bestimmten Fällen (z.B. bei Deponien) auch Nutzungseinschränkungen in Kauf genommen werden.

In beiden Fällen darf es selbstverständlich zu keinen Umweltbeeinträchtigungen kommen. Da in diesem Bereich aber rechtliche Regelungen fehlen, scheinen zumindest die Grundsätze der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung auch hier angemessen zu sein. Höhere Schadstoffgehalte im Klärschlamm als bei landwirtschaftlicher Anwendung sind allerdings dadurch tolerabel, dass der Klärschlamm mit der mehrfachen Menge Strukturmaterial vermischt und hinsichtlich der Schadstoffgehalte "verdünnt" wird.

Entscheidend ist daher, dass für das aufzubringende Substrat im ganzen die Grenzwerte für Böden eingehalten werden, damit keine Schäden bei Pflanzen und Tieren auftreten.

Ziel muss dennoch immer sein, dass sich die Klärwerksbetreiber um eine bessere Klärschlammqualität bemühen. Die Möglichkeit der Vermischung auch höher schadstoffbelasteter Schlämme zum Einsatz im Landschaftsbau darf diesen Bemühungen keinesfalls zuwiderlaufen.

Eine weitere Bedingung ist, dass die Klärschlammverwertung im Landschaftsbau nicht ohne eine Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall durchgeführt werden darf. Gegenstand der Prüfung sind die Standortverhältnisse hinsichtlich der Grundwassernähe, der Mobilität der Schadstoffe im Boden sowie der Nachnutzung der behandelten Fläche innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums und die Beeinträchtigungen, wie sie unmittelbar durch das Aufbringen des Substrates im betroffenen Siedlungsraum verursacht werden. [28]

8.2.2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Bisher gibt es in Österreich keine eigenen rechtlichen Regelungen für den Einsatz von Klärschlamm im Landschaftsbau. In der Praxis ist davon auszugehen, dass nur Schlämme die deutlich die Grenzwerte der Klärschlammverordnungen der einzelnen Länder unterschreiten aufgebracht werden dürfen, da sich durch die großen Mengen die aufgebracht werden sonst zu hohe Belastungen ergeben würden. Hier muss man für die verschiedenen Einzelfälle die jeweils relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen ermitteln und ihre Anwendbarkeit prüfen.

Wird klärschlammhaltiges Substrat zur Deponierekultivierung eingesetzt, sind bei den Schadstoffgehalten in jedem Fall mindestens die Grenzwerte im Anhang 1 der Deponieverordnung für die verschiedenen Deponietypen einzuhalten. Da diese Werte sich allerdings nicht an der Phytotoxikologie orientieren, sind hier, wie weiter unten noch ausgeführt wird, zumindest die Grenzwerte für sanierte Industrieflächen einzuhalten.

Im Sinne einer sinnvollen und geordneten stofflichen Verwertung von Klärschlamm bei Rekultivierungsmaßnahmen sollten spezifische und einheitliche Regelungen in Abstimmung zwischen Bund, Ländern und Fachbehörden schnellstmöglich geschaffen werden.

Eine vergleichende Übersicht über die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau zeigt Tabelle 8.4.

Tabelle 8.4: Vergleich Klärschlamm aufbringung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau .

Vergleichendes Kriterium	Klärschlammverwertung	
	im Landbau	im Landschaftsbau
Art der verwendeten Klärschlammkonsistenz	<ul style="list-style-type: none"> • i.R. stabilisierte, entwässerte Klärschlämme im unvermischten, ursprünglichen Zustand • u.U. Klärschlammkompost 	<ul style="list-style-type: none"> • kulturfähigen Boden unter Verwendung von stabilisierten, entwässerten Klärschlamm (-gemischen) • Klärschlammkompost
Aufbringungsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen (gemäß den Klärschlammverordnungen der einzelnen Bundesländer) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rekultivierungsflächen <ul style="list-style-type: none"> - Rohböden (Tagebaukippenflächen) - Deponiekörperoberflächen - Abraumhalden - sanierungsbedürftige Flächen (allgemein) • Landschaftsgestaltung - Begrünung von Lärmschutzwällen (bei nicht ausreichend vorhandenen Mutterböden) - Parkanlagen etc.
Aufbringungsziel	<ul style="list-style-type: none"> • Düngung 	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenverbesserung (Fruchtbarkeit, Bodenstruktur) • Bestandteil eines Bodenersatzstoffes (z.B. zur Bodenabdeckung)
Aufbringungsmenge	Bundesländerweise verschieden: <ul style="list-style-type: none"> • Grünland: 1,0 - 1,25 Mg TS/ha.a • Ackerflächen: 2,0 - 2,50 Mg TS/ha.a 	nicht geregelt <ul style="list-style-type: none"> • bis zu mehreren 100 Mg TS/ha
Aufbringungshäufigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • regelmäßig 	<ul style="list-style-type: none"> • einmalig
maßgebliche Rechtsgrundlage	<ul style="list-style-type: none"> • Klärschlammverordnungen und Bodenschutzgesetze der einzelnen Bundesländer 	<ul style="list-style-type: none"> • keine gesetzliche Regelung vorhanden, liegt im Ermessen der zuständigen Behörde

Die Grenzwerte der Tabelle 1 der Deponieverordnung werden in Tabelle 8.5 genauer erläutert.

Tabelle 8.5: Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Bodenaushubdeponien laut Tabelle 1 des Anhangs 1 der Deponieverordnung

Parameter	Grenzwert (mg/kg TS)	
	I	II ¹⁾
Anorganische Stoffe		
Arsen (als As)	50	200
Blei (als Pb)	150	500
Cadmium (als Cd)	2	4
Chrom gesamt (als Cr)	300	500
Kobalt (als Co)	50	
Kupfer (als Cu)	100	500
Nickel (als Ni)	100	500
Quecksilber (als Hg)	1	2
Zink (als Zn)	500	1.000
Organische Summenparameter		
Ges. org. geb. Kohlenstoff, TOC (als C)	20.000 ²⁾ ³⁾	
Summe der Kohlenwasserstoffe	20 ³⁾	
Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe PAK	0,5	

¹⁾ Ist bei Bodenaushub oder Erde der Gehalt des Schadstoffes geogen bedingt, so ist eine Überschreitung bis zu dem in Spalte II angeführten Grenzwert zulässig.

²⁾ Bei einem Glühverlust von nicht größer als 3 Masseprozent gilt der TOC-Grenzwert als eingehalten.

³⁾ Für nicht verunreinigten, natürlichen Bodenaushub sind höhere Grenzwerte zulässig, sofern der Anteil humus- oder torfreichen Bodens nicht mehr als 10 Volumsprozent der gesamten, auf der Deponie abgelagerten Abfälle beträgt. Weiters können höhere Grenzwerte im Einzelfall in Abstimmung mit dem geogenen Hintergrund des Deponiestandortes zugelassen werden.

8.2.3. Sonstige Rahmenbedingungen

Der Kläranlagenbetreiber sollte sich bei einem Angebot zur Verwertung von Klärschlamm im Landschaftsbau genaue Angaben vorlegen lassen über:

- Einsatzort
- Einsatzmengen
- Vorgesehene Nachnutzung der Flächen
- Beschreibung technischer Verfahren (vor allem bei der Herstellung von Gemischen: Anteil des Klärschlammes am Gemisch, die Bezeichnung des Mischungspartners und Analyse des Endprodukts)
- Grundwassernähe

Die Angaben dienen dem Klärwerksbetreiber zur Einschätzung der Seriosität des Verwertungsunternehmens. Der Klärwerksbetreiber kann sich so besser vor unangenehmen Überraschungen schützen.

Von besonderer Wichtigkeit scheint die Forderung, entsprechende Genehmigungen der zuständigen Behörde einzufordern. Wenn nach entsprechender Prüfung der Angebote Verträge geschlossen werden sollen, empfiehlt es sich, im Hinblick auf einen zu erwartenden gesetzlichen Wandel bei den gesetzlichen Anforderungen, diese nur über kurze Laufzeiten, z.B. ein Jahr, mengenbezogen abzuschließen. Diese Empfehlung ist andererseits mit einer erwünschten langfristigen Entsorgungssicherheit abzuwägen. Eine stichprobenartige Kontrolle der Einhaltung der obigen Anforderungen sollte vorgenommen werden.

Als positive Effekte der Anwendung von Klärschlamm in Landschaftsbau sind die Minderung des eindringenden Niederschlagswassers, die Vermeidung von Staubverwehungen und die Verbesserung des Landschaftsbildes zu sehen.

Nachteile sind die zusätzliche Aufbringung von enthaltenen Schadstoffen und die in den meisten Fällen eingeschränkte Nachnutzung.

8.2.4. Umweltverträglichkeit

Schwermetalle

Bei Rekultivierungsmaßnahmen mit dem Ziel der späteren landwirtschaftlichen Nutzung sollte ein Substrat oder Bodenersatzstoff erzeugt werden, der hinsichtlich der Schwermetallgehalte die Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung für landwirtschaftlich genutzte Böden einhält. Auch bei eingeschränkter Nutzung sollten zumindest die relevanten Richtwerte, z.B. die Sanierungszielwerte nach der Hollandliste, eingehalten werden.

1. Stickstoff:

Neben der Schadstoffseite ist auch die Nährstoffseite zu beachten. Ausgehend von der Annahme, dass ein auf 30 % TS entwässerter Klärschlamm beispielsweise 26 kg Gesamtstickstoff pro Mg TS enthält, ergibt sich bei vollständiger Bodenabdeckung mit 30 cm Substrat, 1,5 Mg Gewicht pro m³ und 30 % Klärschlammanteil eine Gesamtmenge von 35.000 kg N/ha in der oberen Bodenschicht. Ein durchschnittlicher Ackerboden enthält im Vergleich dazu 6.000 - 9.000 kg/ha an Gesamtstickstoff in der obersten Bodenschicht.

Pro Jahr werden 1 - 3 % des Stickstoffs mineralisiert, so dass mit einer Mineralisierung von 60 - 170 kg N gerechnet werden kann. Im Klärschlamm-Boden-Gemisch werden bei einer Mineralisierungsrate von 20 % im ersten Jahr 7.000 kg N/ha freigesetzt. Die Diskrepanz zwischen dieser Menge und den von einer pflanzlichen Kultur maximal aufnehmbaren 250 kg N/ha ist so groß, dass eine Grundwassergefährdung zwangsläufig zu befürchten ist, soweit Grundwasser von der Maßnahme beeinflusst werden kann. Selbst bei einem Klärschlammanteil von nur 10 % liegen die Stickstoffgehalte immer noch ein vielfaches über dem Verträglichen.

Bei grundwassernahen Standorten spielt die Stickstoffproblematik somit eine zentrale Rolle. Es darf nur soviel Stickstoff zugeführt werden, wie nach Mineralisierung von den Pflanzen aufgenommen wird und somit nicht grundwassergefährdend wirken kann.

Eine Möglichkeit, die Stickstoffproblematik abzuschwächen bietet der Einsatz stickstoffarmer Klärschlämme. So weisen vor allem entwässerte, kalkstabilisierte Schlämme meist deutlich verringerte N-Gehalte auf [28].

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass es erforderlich ist, aus den konkreten Randbedingungen einzelner Einsatzgebiete maßgebliche Kriterien und Anforderungen abzuleiten. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Wissensstandes sind insbesondere die im folgenden beschriebenen Einsatzgebiete denkbar:

- Einsatz von Klärschlamm als Bestandteil eines Bodenersatzstoffes auf Flächen, die nicht grundwasserrelevant sind (z.B. Deponieabdeckung auf Deponien mit funktionierender Sickerwassererfassung) bei späterer eingeschränkter Nutzung

Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten sollte hier die Betrachtung von Bodenparametern sein, die nutzungsbedingten oder bodencharakteristischen Ursprungs sind. Nährstoffe, die ausgewaschen werden können, sind nur von untergeordneter Bedeutung, da eine Grundwasserbeeinträchtigung ausgeschlossen ist. Da bei einer Deponie nicht von einer späteren uneingeschränkten Nutzung auszugehen ist, ist es denkbar, hier Bodengrenzwerte zugrunde zu legen, wie sie für eingeschränkte Nutzung, z.B. als bewachsene Industrie- und Gewerbefläche, genannt werden.

In Tabelle 8.6 sind die Bodengrenzwerte nach Kloke/Eikmann für unterschiedliche Einsatzbereiche aufgeführt. Die angegebenen theoretisch möglichen Klärschlammwerte ergeben sich unter der Annahme, dass der Klärschlammanteil im Bodenersatzstoff 15 % bezogen auf die Trockensubstanz beträgt (30 % bezüglich Originalsubstanz) und dass die Vorbelastung des Mischungspartners ca. 20 % der Bodengrenzwerte ausschöpft. Je nach geologischer Ausgangssituation können die Vorbelastungen deutlich höher, aber auch deutlich niedriger liegen. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Insgesamt ist festzustellen, dass für das Einsatzgebiet der Deponieabdeckung in der Regel eine Einhaltung der Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung ausreichende Sicherheit im Hinblick auf die anzustrebenden Bodenrichtwerte bietet. Voraussetzung ist allerdings die Einhaltung sonstiger Randbedingungen der Berechnung.

Einsatz von Klärschlamm als Bestandteil eines Bodenersatzstoffes ohne mögliche Grundwasserbeeinträchtigung für spätere uneingeschränkte Nachnutzung (Flächenrekultivierung bei geeignetem geologischem Unterbau, z.B. in abgebauten Hochmoorgebieten).

Tabelle 8.6: Grenzwerte für Boden nach Kloke/Eikmann bzw. der österreichischen Deponieverordnung bei unterschiedlicher Nachnutzung und ohne Grundwasserrelevanz [28]

Parameter	Eingeschränkte Nachnutzung keine Grundwasserrelevanz			Uneingeschränkte Nachnutzung keine Grundwasserrelevanz	
	Bodengrenzw. f. bewachsene Lagerfläche (BW II) [mg/kg TS]	theoretisch möglicher Klärschlamm- gehalt [mg/kg TS]	Grenzwert d. österr. Deponie VO. f. Abfälle mit geringen Schadstoffg. [mg/kg TS]	Bodengrenzwert für Flächen- rekultivierung [mg/kg TS]	theoretisch möglicher Klärschlamm- gehalt [mg/kg TS]
As	50	276	200	20	-
Be	10	55	-	1	-
Cd	10	55	10	1	5,5
Cr	200	1.106	500	50	275
Cu	500	2.756	500	50	275
Hg	10	553	3	0,5	2,75
Ni	200	1.106	500	40	220
Pb	1.000	5.530	500	100	550
Se	15	83	-	1	-
Tl	10	55	-	0,5	-
Zn	1.000	5.530	1.500	150	825
Summe PCB	5	6	-	0,2	0,55
PCDD/PCDF	75	221	-	10	55

In Tabelle 8.6 sind auch für uneingeschränkte Nutzung ohne Grundwasserrelevanz die Grenzwerte nach Kloke/Eikmann aufgeführt und die maximale Belastung des Klärschlamm angegeben. Für die Berechnung gelten dieselben Voraussetzungen wie bei der eingeschränkten Nutzung.

Insgesamt ergeben sich unter den genannten Voraussetzungen Werte, die die Grenzwerte der Klärschlammverordnung nur zu 30 - 60 % ausschöpfen. Anders ausgedrückt heißt das, dass entweder deutlich bessere Klärschlammqualitäten eingesetzt werden müssen, oder dass der zum Mischprodukt zugefügte Klärschlammanteil entsprechend geringer sein muss.

Inwieweit Rekultivierungsmaßnahmen außerhalb von Deponien im Sinne einer multifunktionalen Nutzung ohne Grundwasserberührung überhaupt möglich ist, muss im Einzelfall geprüft werden. Im Tagebau ist in der Regel mit Grundwasser zu rechnen, so dass die Rekultivierung der Tagbauflächen hier normalerweise nicht in Frage kommt.

- Einsatz von Klärschlamm als Düngemittel oder Bodenverbesserer in Gebieten mit möglicher Grundwasserbeeinträchtigung und späterer uneingeschränkter Nachnutzung (z.B. Flächenrekultivierung in Tagebaugebieten)

Hinsichtlich der Schadstoffe gelten auf diesem Gebiet dieselben Anforderungen wie bei uneingeschränkter Nutzung ohne Grundwasserrelevanz. Allerdings ist in diesem Fall die Menge der Klärschlammaufbringung aufgrund der Stickstoffmengen und der damit möglichen Grundwasserbeeinträchtigung begrenzt. Die Grenzwerte orientieren sich hier grundsätzlich an der landwirtschaftlichen Düngepraxis.

Als Ausgangswert für die maximal zulässige verfügbare Stickstoffmenge im ersten Jahr können 200 - 250 kg N/ha angenommen werden [28]. Das Wasserrechtsgesetz gibt eine maximale jährliche Ausbringung von Stickstoff auf landwirtschaftliche Nutzflächen von maximal 210 kg (Flächen mit Grünbedeckung bzw. Dauergrünland) an. Dies ergäbe Aufbringungsmengen zwischen 24 und 65 Mg TS/ha als einmalige Aufbringungsmenge. Bezogen auf die obersten 40 cm des Bodens entspricht dies einem Anteil von 0,75 % (Trockenrückstand).

Dies macht deutlich, dass in Gebieten mit Grundwasserrelevanz Klärschlamm meist nur die Funktion als Bodenverbesserer oder Düngemittel beigemessen werden kann. Der Einsatz von Klärschlamm als Bestandteil eines Bodenersatzstoffes ist in der genannten Größenordnung zwar denkbar, wird allerdings in vielen Fällen aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht realisiert werden.

Die bei den hier empfohlenen Klärschlammgaben zugeführten Phosphatfrachten werden nicht zum begrenzenden Faktor. Dies liegt zum einen daran, dass die Auswaschgefahr für Phosphate sehr gering ist und sich die Aufkonzentrierung des pflanzenverfügbaren Phosphates im Boden als außerordentlich gering darstellt [28].

8.2.5. Verwertungskosten

Die Verwertungskosten für die Landschaftsbauliche Verwertung lassen sich nur sehr schwer abschätzen. Als bestimmender Faktor kann hier die Häufigkeit und die Mengen der benötigten Rekultivierungsmittel angesehen werden. Als Richtwert können Kosten von 1.500 - 3.500 ATS/Mg TS angenommen werden.

8.3. Thermische Behandlungsverfahren

Die landwirtschaftliche Verwertung ist - bei Einhaltung der Grenzwerte der Klärschlammverordnung - selbstverständlich ein sinnvoller Verwertungsweg. Nun ist aber kaum zu erwarten, dass sämtliche derzeit noch deponierte Klärschlämme - selbst bei angenommener Eignung - in den nächsten Jahren landwirtschaftlich verwertet werden.

Thermische Verfahren zur Behandlung und Verwertung von Klärschlamm können daher einen wesentlichen Beitrag zur Lösung des Klärschlammproblems leisten. Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über die derzeit verfügbaren Verfahren zur thermischen Klärschlammbehandlung und -verwertung zu geben. Zwangsläufig steht dabei mehr die systematische Einordnung im Vordergrund und weniger die ausführliche Beschreibung der Verfahren mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen.

Es sei weiters darauf hingewiesen, dass die Firma ENAGES eine Verbrennungsanlage in Niklasdorf plant, die auch eine Mitverbrennung von Klärschlamm vorsieht. Dies wäre eine gute Gelegenheit über das Thema der Mitverbrennung von Klärschlämmen in dieser Anlage mit den in der Nähe liegenden Abwasserverbänden zu diskutieren. In dieser Diplomarbeit soll aber keine Wertung der geplanten Anlage der Firma ENAGES in Niklasdorf vorgenommen und auch dem endgültigen Ausgang des Genehmigungsverfahrens soll nicht vorgegriffen werden. Es soll lediglich ein Diskussionsbeitrag zu diesem, in der Region Leoben äußerst kontrovers diskutierten, Projekt geliefert werden.

8.3.1. Thermische Behandlungsverfahren

Welche Verfahren stehen nun für die thermische Klärschlammbehandlung zur Verfügung? Es ist zunächst zu unterscheiden zwischen Verfahren zur ausschließlichen Behandlung von Klärschlämmen und solchen zur gemeinsamen Behandlung mit anderen Stoffen. Des weiteren kann die eigentliche thermische Behandlung einstufig oder mehrstufig durchgeführt werden. Die makroskopisch als Verbrennung bezeichnete thermische Behandlung setzt sich nach der Trocknung aus den Teilschritten Entgasung, Vergasung und der eigentlichen Verbrennung, der Gasoxidation zusammen.

Die Entgasung oder auch Pyrolyse oder Verschwelung ist das Zersetzen der höhermolekularen Bestandteile, das Abspalten von Seitengruppen sowie der Abbau von Gerüststrukturen in gasförmige, flüssige und feste Produkte ohne oxidierende Mittel nur durch zugeführte Wärme. Bei der Vergasung hingegen werden die kohlenstoffhaltigen Abfallbestandteile unter Zugabe eines Vergasungsmittels zu gasförmigem Brennstoff und Asche oder Schlacke umgesetzt. Die Vergasung schließt sich an die Entgasung an, wo durch die Zugabe von reaktivem Gas die verkokten Rückstände in weitere gasförmige Produkte umgewandelt werden.

Bei der Vergasung wird der Restkohlenstoffanteil des zuvor entstandenen Pyrolysekokes unter unterstöchiometrischen Bedingungen oxidiert. Als Vergasungsmittel werden Dampf, Kohlendioxid, Luft oder Sauerstoff verwendet. Die eigentliche Verbrennung ist letztlich die Oxidation der bei der Ent- und Vergasung entstandenen Reaktionsgase [29].

Die Teilprozesse Entgasung, Vergasung und Verbrennung können nun in einem Reaktor wie bei der Wirbelschichtfeuerung oder bei der Mitverbrennung auf dem Rost oder in getrennten Aggregaten wie bei der Niedertemperaturkonvertierung oder beim Schwelbrennverfahren realisiert werden.

Bei den Verfahren, die mit Temperaturen über 1.250 °C arbeiten, wird der Ascheanteil des Klärschlammes schmelzflüssig, da die Anteile von Silizium- und Aluminiumoxid sowie der Alkali- und Erdalkaliverbindungen bei diesen Temperaturen als sogenannte Alumosilicatschmelzen vorliegen [30]. Gemeinhin ist dafür auch der Begriff "Verglasung" üblich, was jedoch nicht ganz korrekt ist, da die geschmolzenen Aschen im erstarrten Zustand auch kristallin vorliegen können. Die Ascheschmelze ist zwar energieaufwendiger, ermöglicht aber auch eine bessere Schadstoffeinbindung und damit verbesserte Verwertungsmöglichkeiten für die festen Rückstände. Die im Klärschlamm enthaltenen Schadstoffe verteilen sich abhängig vom chemisch-physikalischen Verhalten der Einzelstoffe und den Verbrennungsbedingungen auf den Asche- oder Abgaspfad. Aus letzterem müssen Sie durch Reinigungsmaßnahmen entfernt werden. Die wesentlichen Verfahren im Überblick sind:

Monobehandlung und -verbrennung

- einstufige Verfahren ohne Ascheschmelzen wie Wirbelschichtöfen, Etagenöfen oder Etagenwirbler
- einstufige Verfahren mit Ascheschmelzen wie Schmelzzyklone, Flammenkammern usw.
- mehrstufige Verfahren mit Ascheschmelzen wie Flugstromvergasung, Niedertemperaturkonvertierung usw.

Mitbehandlung und -verbrennung

- einstufige Verfahren ohne Ascheschmelzen wie Rostfeuerungen für Hausmüll
- mehrstufige Verfahren mit Ascheschmelzen wie Schwelbrennverfahren, Thermoselectverfahren, Konversionsverfahren
- Staub-, Rost- oder Wirbelschichtfeuerungen für Stein- und Braunkohle ohne Ascheschmelzen oder Schmelzkammerfeuerungen für Steinkohle mit Ascheschmelzen
- Industriefeuerungen wie Drehrohröfen für die Zementherstellung, Trockentrommeln bei der Asphaltherstellung

Verfahren zur Monobehandlung und -verbrennung

Einstufige Verfahren ohne Ascheschmelzen

Die wesentlichen einstufigen Verfahren zur Monobehandlung von Behandlung von Klärschlamm sind die Wirbelschichtfeuerung, der Etagenofen und der Etagenwirbler. Diese Verfahren arbeiten jeweils ohne explizites Ascheschmelzen.

Wirbelschichtfeuerung:

Die Wirbelschichtfeuerung ist die am weitesten und am längsten verbreitete Technik zur Klärschlammverbrennung. Wirbelschichtfeuerungen können stationär, zirkulierend und rotierend sowie atmosphärisch oder druckaufgeladen betrieben werden. Zur Klärschlammbehandlung werden bislang lediglich stationäre Anlagen unter atmosphärischen Bedingungen eingesetzt.

Der Ofen besteht im wesentlichen aus einem zylindrischen Brennraum und dem Düsenboden. Die Wirbelschicht besteht aus einer etwa 1 m hohen Sandschicht. Im Betrieb wird die - ggf. vorgewärmte - Verbrennungsluft durch den Düsenboden in den Brennraum gedrückt, wodurch das Sandbett fluidisiert, was die guten Bedingungen für den Stoff- und Wärmetransport ergibt. Der Klärschlamm wird dem Ofen über den Ofenkopf oder über Brennstoffflanzen direkt in das Bett zugeführt. In der Wirbelschicht laufen die weitere Trocknung, die Ent- und Vergasung sowie die eigentliche Oxidation ab. Das dabei gebildete Rauchgas gelangt in die Nachbrennkammer, wo bei Temperaturen von mindestens 850 °C und einer Aufenthaltszeit von mindestens 2 Sekunden die weitgehend vollständige Verbrennung der organischen Bestandteile stattfindet. Die nichtbrennbaren Bestandteile des Klärschlammes, die Aschen werden nahezu vollständig über den Rauchgasstrom ausgetragen und in den nachfolgenden Filtern der Rauchgasreinigung abgeschieden [31].

Die Wirbelschichtfeuerung ist in der Lage Rohschlamm wie Faulschlamm zu verbrennen. Unter günstigen Bedingungen hinsichtlich Vorwärmung und Luftüberschuss ist es durchaus möglich, lediglich mechanisch entwässerten Rohschlamm (35 % TS) selbstgänglich, das heißt ohne Zusatzbrennstoff wie Öl oder Gas zu verbrennen. Es ist daher zumindest eine Teiltrocknung auf etwa 45 % TS erforderlich. Diese kann mit der anlageneigenen Abwärme realisiert werden, entweder als Teiltrocknung oder als Volltrocknung mit anschließender Rückmischung mit Faulschlamm auf den gewünschten Trockenrückstand.

Etagenofen:

Der Etagenofen besteht aus einem zylindrischen Stahlmantel, den horizontalen Etagen sowie der drehbaren Mittelwelle mit den angeflanschten Rührarmen. Der zu verbrennende Klärschlamm wird der obersten Etage des Ofens kontinuierlich zugeführt. Durch die Zwangsbeförderung sind die Einschränkungen, die hinsichtlich Korngröße und Beschaffenheit bei Wirbelschichtöfen bestehen können, hier nicht gegeben. Gemeinsam mit Klärschlamm können auch Materialien wie Altpapier, Kunststoffe, Holzrinden mit bis zu 100 mm Kantenlänge aufgegeben werden.

Das Einsatzmaterial wird von den Rührzähnen erfasst, verteilt und unter ständigem Wenden durch die Etagen des Ofens zwangsbefördert. Im Gegenstrom zum Schlamm wird heißes Rauchgas aus der obersten Verbrennungsetage über die Trocknungsetagen geleitet. Der Schlamm wird durch das Rauchgas getrocknet. Die dabei entstehenden Gase (Brüden) werden am Ofenkopf abgezogen und zur Behandlung wieder der untersten Verbrennungsetage zugeführt. In den Verbrennungsetagen erfolgt die eigentliche Oxidation bei Temperaturen von über 850 °C. In den untersten Etagen wird die Asche durch die entgegenströmende Kühlluft auf etwa 150 °C gekühlt. Die erwärmte Luft wird der Verbrennungsetage zugeführt. Die Mindestverweilzeit von 2 Sekunden bei 850 °C wird durch eine Nachbrennkammer realisiert [31]. Die Asche fällt zu etwa 85 % als Ofenasche an, 15 % der Asche fallen als Flugasche im Kessel oder den Filtern der Rauchgasreinigung an. Vor dem Einsatz im Etagenofen müssen die Klärschlämme lediglich mechanisch entwässert werden, die Trocknung findet im Etagenofen integriert statt.

Etagenwirbler:

Im Etagenwirbler sind die beiden zuvor beschriebenen Verfahrensprinzipien kombiniert. Die Trocknung der mechanisch entwässerten Klärschlämme wird durch die aus dem Etagenofen bekannten Etagen realisiert, die eigentliche Verbrennung des dann getrockneten Schlamms wird in einer stationären Wirbelschicht umgesetzt.

Die Abgase aus der Trocknung(Brüden) werden in den Verbrennungsraum zurückgeführt. Durch die Regelung dieser Menge lassen sich örtliche Überhitzungen verhindern und eine hohe Flexibilität bei schwankenden Zusammensetzungen der Eingangsstoffe gewährleisten. Das Rauchgas wird wie bei einer konventionellen Wirbelschichtfeuerung aus dem Freiraum abgezogen und der Nachbrennkammer zur Sicherstellung eines hohen Ausbrandes zugeführt. Die Asche wird ebenfalls weitgehend über den Rauchgaspfad ausgetragen und in den Filtern der Abgasreinigung abschieden [31].

Bei den vorgenannten Verbrennungstechniken entstehen jeweils relativ voluminöse Aschen, die praktisch kaum verwertet werden können. Zwar gibt es gewisse Versuche zur Einbindung in Ziegeln oder andere Baustoffe, in der Regel müssen diese Aschen jedoch deponiert werden.

Einstufige Verfahren mit Ascheschmelzen

Die Herabsetzung der Auslaugbarkeit sowie verbesserte baustofftechnische Eigenschaften und damit verbesserte Verwertungsmöglichkeiten lassen sich mit thermischen Verfahren mit Ascheschmelzen erzielen.

Unter einstufigen Verfahren sollen hier diejenigen verstanden werden, bei denen der getrocknete Klärschlamm in einem Aggregat entgast, vergast, verbrannt und geschmolzen wird, vergleichbar einer konventionellen Schmelzkammerfeuerung für Kohle. Nachfolgend sollen hier beispielhaft zwei Aggregate vorgestellt werden.

Schmelzyklon:

Bei diesen Hochtemperaturzyklonen wird das Einsatzmaterial, hier getrockneter Klärschlamm, pneumatisch tangential mit dem Brennstoff (falls erforderlich) sowie dem zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff in die wasser- oder luftgekühlten senkrechten oder schrägen Zyklone eingeblasen. Bei größeren Zyklonen wird das Material an mehreren Stellen eingeblasen. Die Feuerraumtemperatur beträgt 1.400 bis 1.600 °C. Ein erstarrter Schlackenpelz schützt den inneren Zyklonmantel, die flüssige Schmelze fließt dann gleichmäßig durch die Schwerkraft zur Austrittsöffnung und verlässt den Schmelzyklon gemeinsam mit dem erzeugten Abgas. In einem Unterofen wird die flüssige Schlacke von dem Abgas getrennt. In Nachbrennkammern erfolgt der abschließende Ausbrand der Rauchgase.

Flammenkammer:

Der Schmelzofen besteht im wesentlichen aus zwei konzentrischen Zylindern. In dem vertikal rotierenden Außenmantel ist der hydraulisch verfahrbare innere Zylinder mit der wassergekühlten Ofendecke eingehängt.

Bei den vorgenannten Verbrennungstechniken entstehen jeweils relativ voluminöse Aschen, die praktisch kaum verwertet werden können. Zwar gibt es gewisse Versuche zur Einbindung in Ziegeln oder andere Baustoffe, in der Regel müssen diese Aschen jedoch deponiert werden.

Wassertassen zwischen beweglichen und feststehenden Ofenelementen bilden einen gasdichten Abschluss des Ofeninneren gegenüber der Umgebung. Der äußere Zylinder dreht sich mit 0,5 bis 5 Umdrehungen pro Stunde. Dieser ist auf Rollen gelagert und wird mit einem Hydraulikmotor angetrieben. Der getrocknete Klärschlamm wird in den Ringschacht zwischen innerem und äußerem Zylinder aufgegeben. Die Rotation des äußeren Zylinders in Verbindung mit den Zuführschaufeln am inneren Zylinder bewirkt eine gleichmäßige Verteilung des Gutes über den gesamten Umfang zur Primärkammer.

Die an der Ofendecke angebrachten Hochtemperaturbrenner leiten den Schmelzprozess ein. Aufgrund der hohen Temperatur von 1.350 bis 1.400 °C schmilzt das Material und es entsteht eine 2 bis 5 cm schmelzflüssige Oberfläche. Der weitere Schmelzvorgang wird von der Wärme gespeist, die bei der selbstgängigen Verbrennung frei wird. Die ablaufende Schmelze verlässt mit dem Rauchgas die Primärkammer. Die flüssige Schlacke wird in einem Wasserbad granuliert, das den unteren Abschluss der Sekundärkammer bildet. Die heißen Rauchgase werden in einer Nachbrennkammer zum vollständigen Ausbrand gebracht. Anschließend erfolgt die übliche Wärmenutzung im Dampfkessel sowie die Rauchgasreinigung.

Mehrstufige Verfahren mit Ascheschmelzen

Im Gegensatz zu den zuvor dargestellten einstufigen Verfahren, werden bei den nachfolgend beschriebenen Techniken die Ent- und Vergasung sowie die Verbrennung in getrennten Aggregaten umgesetzt. Die wichtigsten Verfahren sind hier die Festbettdruckvergasung, die Flugstromvergasung sowie die Niedertemperaturkonvertierung.

Festbettdruckvergasung:

Bei Betriebsdrücken von 25 bar mit Sauerstoff und Wasserstoff als Vergasungsmittel sind dort 6 Reaktoren mit 8 bis 15 Mg/h Durchsatz im Betrieb. Der Vergasungsstoff wird als festes oder stückiges Material in einer Körnung bis 100 mm von oben in den Reaktor eingebracht, in welchem bei Temperaturen von 800 bis 1.300 °C vergast wird. Der Vergasungsprozess ist autotherm, das heißt der Wärmebedarf wird durch die ablaufenden Reaktionen gedeckt. Im Reaktor selbst herrscht eine reduzierenden Atmosphäre. Der Kohlenstoff des eingesetzten Vergasungsstoffes - hier Klärschlamm - reagiert mit dem Vergasungsmittel zu stofflich (Methanol) und energetisch zum Beispiel im GuD-Kraftwerk verwertbaren Gasen. Die mineralischen Bestandteile ergeben in der Regel eine nicht vollständig geschmolzene, sondern gesinterte Schlacke.

Die Rohgase werden einer stufenweisen Reinigung, Abkühlung, Teilkonvertierung und Tieftemperaturmethanolwäsche unterzogen, ebenfalls unter dem Systemdruck. Die dabei abgeschiedenen Mittel- und Leichtöle können in einer Flugstromvergasung weiterbehandelt werden [32].

Die Festbettdruckvergasung benötigt stückige Einsatzgüter, welche vom Vergasungsmittel gut umströmt werden können. Klärschlämme, mittels Kammerfilterpressen entwässert, würden dafür ausreichen, allerdings ergaben sich Schwierigkeiten im Transportprozess zum Reaktor. Als besser handhabbar erwiesen sich getrocknete Klärschlämme, die auf klassischen Formkanal-Stempelpressen wie bei Braunkohlebrikettierung brikettiert worden sind.

Flugstromvergasung:

Bei der Flugstromvergasung handelt es sich um ein Verfahren der thermischen nichtkatalytischen Partialoxidation von Kohlenwasserstoff-Gemischen bei Reaktionstemperaturen bis 1800 °C, der Schmelzabzug ist flüssig. Die Flugstromvergasung wird auch als sogenanntes Konvertierungsverfahren angeboten, entweder ausschließlich für getrockneten Klärschlamm oder für die gemeinsame Behandlung von Klärschlamm und Restmüll. Für den Restmüll ist dann vor der Flugstromvergasung eine Pyrolysestufe vorgesehen.

Im Flugstromvergaser wird der Klärschlamm mit technischem Sauerstoff zu einem Rohsynthesegas umgesetzt. Der Vergaser besteht aus einem zylindrischen Reaktionsraum, dessen Kontur durch eine wassergekühlte Rohrwand gebildet wird. Der Vergasungsbrenner befindet sich am Kopf des Reaktionsraumes, über ihn wird Vergasungsstoff und -mittel zugeführt.

Der Vergasungsstoff wird mit Inertgas pneumatisch auf den Systemdruck bis 25 bar gebracht. Die Vergasung findet bei 1.400 bis 1.700 °C und unterstöchiometrischer Fahrweise statt. Die mineralischen Bestandteile fließen als dünner Schlackefilm an der bedampften Wand des Reaktionsbehälters herab, verlassen unten den Quenchraum und granulieren im Wasserbad. Das Synthesegas strömt seitlich ab zur Gasreinigung, welche aus Staub- und Salzabscheidung und Schwefelentfernung besteht. Anschließend erfolgen die energetische (Strom und Fernwärme) oder die stoffliche Verwertung (Methanol) des Synthesegases [33].

Verfahren zur Mitbehandlung und -verbrennung

Bei der Mitverbrennung ist eine Aufbereitung des Klärschlammes derart erforderlich, dass annähernd die Eigenschaften des Hauptbrennstoffs erreicht werden (z.B. Heizwert, Wassergehalt, Korngröße). Für die Abfallverbrennung gelten die Grenzwerte des LRG - K, Anlage 1 für die anteilige Abfallmitverbrennung bis 25 % der Feuerungswärmeleistung der Hauptanlage gelten die Grenzwerte anteilig.

Einstufige Verfahren ohne Ascheschmelzen (Rostfeuerungen für Hausmüll)

Die naheliegendste Möglichkeit der Mitverbrennung von Klärschlamm ist die in und auf Rostfeuerungen für Hausmüll. Mehrere Möglichkeiten der Klärschlammzugabe sind verbreitet. Zum einen kann der mechanisch entwässerte Klärschlamm durch eine Aufstreumaschine in den Bunker gestreut werden [34]. Der Klärschlamm wird dann zusammen mit dem Hausmüll gemischt und durch den Greifer aus dem Müllbunker in den Einfüllschacht der Rostfeuerung eingebracht. Statt in den Bunker einzustreuen kann der zerkleinerte Filterkuchen auch direkt in den Einfüllschacht eingemischt werden. Der Klärschlamm kann jedoch auch im getrockneten Zustand über einen Roststaubbrenner direkt in den Feuerraum eingebracht werden [35]. Dazu muss der Schlamm aber zuvor auf 90 % TS getrocknet und gemahlen werden.

Mehrstufige Verfahren mit Ascheschmelzen

Als Alternative zur klassischen Müllverbrennung sind in den letzten Jahren eine Reihe von Verfahren entwickelt worden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie den thermischen Behandlungsprozess nicht in einem Aggregat (Rostfeuerung), sondern in mehreren Stufen durchführen und darüber hinaus bei so hohen Temperaturen arbeiten, dass jeweils der Ascheschmelzpunkt erreicht wird und die Asche demzufolge schmelzflüssig abgezogen werden kann. Die bekanntesten der sogenannten neuen Verfahren sind das Schwelbrennverfahren, das Thermoselectverfahren und das Konversionsverfahren.

Kohlefeuerungen mit und ohne Ascheschmelzen:

Eine naheliegende Mitverbrennungsmöglichkeit, angesichts der großen zur Verfügung stehenden Kapazitäten sind die Kohlefeuerungen. Hier sind zunächst Trocken- und Schmelzfeuerungen zu unterscheiden. Trockenfeuerungen sind alle diejenigen, bei denen der Ascheschmelzpunkt nicht überschritten wird. Das können Staub-, Rost- oder Wirbelschichtfeuerungen für Braun- oder Steinkohle sein [36].

Da Rohbraunkohle mit einem Wassergehalt von 55 bis 60 % gewonnen wird ist für eine Mitverbrennung kein getrockneter Klärschlamm erforderlich. Der maschinell entwässerte Klärschlamm kann gemeinsam mit der Rohbraunkohle in Schlagradmühlen gemahlen und mit rückgeführten Kesselrauchgasen auf 20 % Restfeuchte getrocknet werden. Die Brüden werden mit in den Feuerraum geführt. Die Mahltrocknungsleistung der Mühlen und nicht die Feuerung begrenzen den Einsatz auf etwa 2 bis 3 % (100 % TS) des Brennstoffinputs. Schmelzkammerfeuerungen sind solche, die bei den Steinkohlekraftwerken mit Zyklonkammerfeuerungen bei Temperaturen von über 1.500 °C betrieben werden, so dass der Ascheabzug schmelzflüssig erfolgt. Die anfallenden Schmelzgranulate haben eine hohe Auslaugsicherheit und werden fast vollständig verwertet [37].

Der mitzuverbrennende Klärschlamm muss auf über 90 % TS getrocknet werden. In der Regel muss der getrocknete Klärschlamm gemeinsam mit der Kohle aufgemahlen werden.

Eine Möglichkeit wäre eventuell bei den Heizkraftwerken in Voitsberg und Zeltweg gegeben.

Industriefeuerungen

Beim Einsatz des Klärschlammes in der Zement- sowie Asphaltherstellung können die organischen und anorganischen Anteile des Klärschlammes genutzt werden.

Zementherstellung:

Die benötigten Rohmaterialien sind hauptsächlich Kalkstein und Ton. Durch dosiertes Zusammenmischen der Rohmaterialkomponenten wird die Rohmischung hergestellt, die unter Verwendung von heißen Ofenabgasen in der Mühle gleichzeitig getrocknet und aufgemahlen wird. Das so erzeugte Rohmehl wird vom Gasstrom als Staub-Gas-Suspension aus der Mühle getragen, im Elektrofilter abgetrennt, dann im Silo zwischengelagert und homogenisiert. Das so aufbereitete Rohmehl wird dem Ofen aufgegeben, vorab erfolgt die Vorwärmung stufenweise über Zyklonstufen.

Im anschließenden Drehrohr wird unter der Hitzeeinwirkung einer Kohlenstaubflamme das Mehl in der Sinterzone bei etwa 1.450 °C zu einem grobkörnigen Zementklinker gesintert. Schließlich wird das Produkt im Klinkerkühler unter Wärmerückgewinnung abgekühlt. Der Gasstrom bewegt sich im Gegenstrom zum Materialstrom. Infolge der Luftvorwärmung werden sehr hohe Verbrennungstemperaturen von 1.800 bis 2.000 °C in der Hauptfeuerung erreicht. Neben der Hauptfeuerung können kleinere Brennstoffmengen in der sogenannten Zweitfeuerung am Zyklonvorwärmerfuß aufgegeben werden. Der gleichzeitige Betrieb von Zementofen und Rohmühle wird Verbundbetrieb genannt. Ist die Rohmühle außer Betrieb, so werden die Ofengase in einem Verdampfungskühler durch Wassereinspritzung auf 150 °C konditioniert und direkt dem Elektrofilter zugeleitet. Dieser Variante wird Direktbetrieb genannt [38].

Trockenklärschlamm kann in der Haupt- oder der Zweitfeuerung genutzt werden, dazu muss dieser vorher gemahlen und dann gemeinsam mit der Kohle pneumatisch eingeblasen werden. Die maximal verbrennbare Menge ist aus Gründen der Zementqualität auf rund 5 % TS bezogen auf die Klinkerproduktion - begrenzt. Bei der Mitverbrennung von Klärschlamm muss die Zementroh Mischung modifiziert werden. Die Klinkerqualität und die bautechnischen Eigenschaften werden durch die Klärschlammverbrennung nicht spürbar beeinflusst, da die Klärschlammmasche chemisch und mineralogisch derart umgewandelt wird, dass sie im Zementgefüge vom Rohmehl nicht mehr zu unterscheiden ist [39].

Eine Möglichkeit wäre eventuell bei der Zementherstellung der Peggauer Zementwerke gegeben.

Asphaltherstellung:

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung der organischen wie anorganischen Bestandteile ist die Substitution von fossilen Brennstoffen bei der Befeuerung von Trockentrommeln in Asphaltmischanlagen, bekannt auch als Alfelder Modell [40].

Mischgutwerke sind Chargenmischanlagen. Die angelieferten Mineralstoffe (Splitt, Sand, Kies) werden mit Dosierungseinrichtungen zum gewünschten Mineralstoffgemisch zusammengestellt und der Trockentrommel zugeführt. Dort erfolgt die Trocknung bei 150 bis 170 °C. In der Regel wird das getrocknete Mineralstoffgemisch anschließend wieder mit Sieben reklassiert und als Heißmineralvorrat in Silos dauernd auf Gebrauchstemperatur gehalten. Die verschiedenen Bindemittelsorten sind in indirekt beheizten Tanks gebrauchsfertig gelagert. Die Mischgutsteuerung erfolgt nach fertigen Rezepten für Mineralstoffe, Filler und Bindemittel (4 bis 6 % der Mineralstoffe). Mineralische Bestandteile können auch durch aufbereitetes Altmaterial substituiert werden. Zur Verladung gelangt der einbaufertige Asphalt [41].

Die Beheizung der Trockentrommeln erfolgt im Gegenstrom durch Heizölbrenner, vereinzelt auch mit Kombibrennern die mit Gas und oder Öl betrieben werden können. Das Rauchgas wird durch Vorabscheider und Gewebefilter entstaubt. Das bei der Entstaubung abgeschiedene Material wird gelagert und als grober und feiner Eigenfiller zum Mineralstoffgemisch dosiert. Der Primärbrennstoff für die Brenner der Trockentrommeln kann durch getrockneten und gemahlene Klärschlamm ersetzt werden. Zur Beheizung sind Zweistoffbrenner erforderlich, in denen feste Brennstoffe wie Klärschlammpulver und flüssige Brennstoffe wie Heizöl eingesetzt werden können. Der pulverförmige Brennstoff wird mittels eines Fördergebläses der Feuerung zugeführt, in Düsen verteilt und verheizt. Das Zünden erfolgt durch eine ständig brennende Stützfeuerung, die mit leichtem Heizöl oder Gas betrieben wird [40].

Der Verbrennungsrückstand des Klärschlammes wird zum Teil mit den getrockneten Mineralstoffen ausgetragen und in das Mischgut eingebunden. Der größere Teil wird jedoch mit dem Mineralstaub abgesogen und gelangt über die Entstaubung zunächst in den Füllersilo und wird später als Filler dem Mischgut zudosiert und ebenfalls eingebunden.

Umfangreiche Untersuchungen der unter Klärschlammeneinsatz hergestellten Asphaltgemische ergaben keinerlei nachteilige Qualitätsveränderungen, teilweise bei der Herstellung von Asphalttragschichtmischgut sogar Verbesserungen. Theoretisch können bis zu 90 % des fossilen Brennstoffs durch Klärschlamm ersetzt werden, bei bis zu 25 % der Feuerungswärmeleistung gelten anteilig wieder die Grenzwerte des LRG - K, Anlage 1. Problematisch sind, ähnlich wie beim Einsatz in der Zementproduktion, die Quecksilberemissionen, die eine Nachrüstung mit Aktivkoksfiltern erfordern.

Klärschlamm-trocknung

Als ureigenes Produkt der Abwasserreinigung besitzt Klärschlamm einen Wassergehalt, der sowohl die Handhabung als auch die Verwertung und Entsorgung einschränkt. Um die weitere Behandlung zu vereinfachen, wird Klärschlamm zunächst maschinell entwässert. Durch die thermische Trocknung kann das Schlammwasser so weit entfernt werden, dass letztendlich nur noch die Feststoffbestandteile zu entsorgen sind.

Die Klärschlamm-trocknung darf nicht als kompletter Entsorgungsweg missverstanden werden, sondern stellt zunächst nur einen Schritt auf dem Wege zu einem der Entsorgungsendpunkte dar. Tatsächlich besteht lediglich die klassische landwirtschaftliche Verwertung von Nassschlamm aus nur einem Verfahrensschnitt. Nahezu alle anderen Entsorgungspfade setzen sich aus einer Behandlungskette mit wenigstens zwei oder mehreren Gliedern zusammen.

Der dargestellte Weg zu einer Deponierung von chemisch unverändertem, entwässertem oder getrockneten Klärschlamm steht durch die Vorschriften der Deponieverordnung künftig nicht mehr zur Verfügung. Voraussetzung für die Deponierung ist eine thermische Schlammbehandlung mit einer Mineralisierung der Rückstände, die aber häufig eine - zumindest teilweise - Schlamm Trocknung erforderlich macht oder eine mechanisch-biologische Behandlung von Klärschlamm.

Grundlage der meisten thermischen Behandlungsverfahren - insbesondere der Schmelzverfahren - ist eine weitest gehende Entfernung des Schlammwassers auf Trocknungsgrade über 90 % TS. [42]

Niedertemperaturbehandlung

Die Niedertemperaturverfahren können auch vom Mürzverband alleine durchgeführt werden, da es die relativ kleinen Anlagengrößen erlauben, die Anlage mit den, im Mürzverband vorhandenen Mengen durchzuführen. Es wäre auch möglich diese Methoden gemeinsam mit einem zweiten Verband durchzuführen. Der Abwasserverband Bruck/Oberaich wäre hier ein potentieller Partner. Es soll hier aber nicht versucht werden in Entscheidungen der beiden Verbände in irgendeiner Weise eingreifen zu wollen. Auch mit der Kompostierung kann eine gewisse Trocknung erreicht werden. Die nachstehenden Verfahren werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt und kurz behandelt. Sie sollen nicht als eigenständige endgültige Behandlung von Klärschlamm missverstanden werden. Sie dienen lediglich zu einer Vorbehandlung des Klärschlammes, vor einer heute noch möglichen direkten Deponierung von Klärschlamm (ohne mechanisch-biologische Vorbehandlung) oder vor einer thermischen Behandlung, um den notwendigen Einsatz von primären Brennstoffen bei der thermischen Behandlung zu minimieren.

Muss Klärschlamm getrocknet und mineralisiert werden, so kommen hierfür nicht nur die "heißen" Verfahren in Betracht, die das Verdampfen des Wassers bei hohen Temperaturen oder die Veraschung der organischen Schlammanteile bewirken. Neue und nicht mehr ganz neue Verfahren für die Klärschlamm Trocknung bauen auf dem Verdunstungseffekt auch bei niedrigen Temperaturen auf.

Auf dem Markt haben sich mit dem Ziel der Klärschlamm Trocknung verschiedene Kontaktrockner (z.B. Scheibentrockner) und Konvektionstrockner (z.B. Bandrockner) bewährt. Bei nahezu allen diesen konventionellen Trocknungsverfahren liegen die Trocknungstemperaturen relativ hoch, meistens über 100 °C, so dass aus dem Klärschlamm nicht nur das Wasser verdampft, sondern auch andere flüchtige Stoffe. Dazu zählen einerseits Schadstoffe, wie niedermolekulare PCBs und PAKs, aber auch Schwermetalle, sowie andererseits Schmutzstoffe, die durch die Parameter BSB₅, CSB und TOC sowie anhand der Konzentrationen für stickstoffhaltige Verbindungen und organische Säuren erfasst werden, die dann in die Abluft gehen.

Eine schonende Trocknung bei niedrigen Temperaturen kann diese Emissionen verringern oder ganz verhindern und gleichzeitig den hohen Gehalt an Nährstoffen und den Brennwert erhalten.

Die Vermeidung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe oder des Klärgases hat zudem nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische Vorteile, weil jeder Verbrennungsprozess den Treibhauseffekt verstärkt.

Im folgenden werden die Verfahren unterschieden in Verfahren, die mit einer durch Solarenergie erwärmten Umgebungsluft arbeiten, Verfahren, die keine erwärmte Umgebungsluft voraussetzen (Kaltluftverfahren) und Verfahren, die sich der biologischen Prozesse im Schlamm bedienen (Bio-Trocknung).

Solare Trocknung:

Die solare Energie kann grundsätzlich als Strahlungsenergie, die eine lichtdurchlässige Folie durchdringt, direkt, oder indirekt durch Erwärmung von Luft in Kollektoren genutzt werden.

- Direkte Nutzung der Sonnenenergie:

Ein Beispiel für die direkte Nutzung der Solarenergie ist die Klärschlamm-trocknungsanlage in Kandern-Hammerstein in der Nähe von Freiburg/Breisgau.

Durch die Öffnung einer Giebelseite und einen Kamin am anderen Hallenende bewirkt die Lufterwärmung durch die Lichteinstrahlung einen Durchzug. Nur unter ungünstigen Umständen reicht die natürliche Durchströmung der Trocknungshalle nicht aus; deshalb sind Ventilatoren (Gesamtanschlusswert 1,6 kW) vorgesehen, die je nach Innenfeuchte und Temperatur zugeschaltet werden.

- Nutzung der Solarenergie durch Kollektoren:

Bei diesem Verfahren wird der Klärschlamm in einem Konvektionstrockner mit der durch Solarenergie erwärmten Luft getrocknet. Da die Solarenergie meist nicht ausreicht, um die volle Trocknerleistung in einer unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten dimensionierten Anlage sicherzustellen, ist immer auch die Zusatzheizung vorgesehen. Daher handelt es sich hier auch um solarunterstützte Trocknungssysteme. Die Erwärmung der Luft durch Solarenergie erfolgt in einem Solar-Kollektorfeld. Solche Systeme sind zur Beheizung von Gebäuden (Hallen, Schwimmbäder) bereits vielfach eingesetzt.

- Kaltlufttrocknung:

Als Kaltlufttrocknung wird ein Verfahren bezeichnet, bei dem der stark vorentwässerte Klärschlamm in einem Konvektionstrockner mit nichterwärmter Luft getrocknet wird. Der Trocknungseffekt wird durch einen sehr hohen Luftdurchsatz erreicht.

Das Verfahren funktioniert bei relativen Luftfeuchtegehalten bis zu 80 % und Lufttemperaturen über 10 °C. Bei höherer Luftfeuchtigkeit und geringerer Temperatur wird das Trocknungspotential der Umgebungsluft so gering, dass sich der Betrieb der Anlage nicht mehr lohnen würde; deshalb springt in diesen Fällen automatisch eine Zusatzheizung an, die die eintretende Luft um etwa 10 °C erwärmt und damit den Trocknungseffekt sicherstellt. [43]

8.3.2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Die thermische und stoffliche Abfallverwertung, in die auch die Klärschlammverwertung fällt ist in § 2 AWG nicht näher definiert, in der Regierungsvorlage zum AWG 1990 findet man jedoch weitere Erklärungen [17]:

- Demnach umfasst die Abfallverwertung die Verwertung von Sekundärrohstoffen, von biogenen Abfallstoffen und von Energieinhalten.

Außerdem wird festgehalten, was unter „Behandeln“ zu verstehen ist:

- das thermische oder stoffliche Verwerten
- das Deponieren
- die sonstige Behandlung (biologisch, chemisch-physikalisch, ...)

Eine klare Abgrenzung zwischen der „thermischen Verwertung“ und der „thermischen Behandlung“ ist unbedingt erforderlich, da dies die Genehmigungsvoraussetzungen von Anlagen beeinflusst.

Interessante Begriffserklärungen enthält auch § 2 XIII des Durchführungserlasses des BMUJF:

„Unter dem Begriff „Verwertung“ wird die Behandlung von Abfällen verstanden, bei der die Gewinnung von Produkten oder Energie im Vordergrund steht. Diese Behandlung kann biologische, chemische, physikalische und thermische Verfahrensschritte umfassen. Der Begriff der Verwertung lässt sich in stoffliche und thermische Verfahren trennen.“

Eine „stoffliche Verwertung“ liegt vor, wenn ein Abfall unmittelbar zur Herstellung eines neuen Produktes eingesetzt wird bzw. die aus einem Abfall gewonnenen Stoffe nachweislich eingesetzt werden. Bei der stofflichen Verwertung muss ein nach dem Verwertungsverfahren gewonnener Stoff nachweislich einer zulässigen Verwendung zugeführt werden. Der gewonnene Stoff muss ein marktfähiges Produkt mit entsprechenden Qualitätsanforderungen darstellen.

Bei der „thermischen Verwertung“ steht die Energiegewinnung sowie Energienutzung definierter Stoffe oder Stoffgruppen im Vordergrund (unmittelbarer Einsatz der Abfälle als Ersatz konventioneller Brennstoffe, wobei die stoffliche Zerstörung oder Fixierung von Schadstoffen eine untergeordnete Rolle spielt).

Demgegenüber ist eine thermische Behandlungsanlage (Abfallverbrennungsanlage) darauf ausgerichtet, die Endlagerungsfähigkeit von Abfällen sicherzustellen und eine Mengen- oder Massenreduktion sowie den Abbau der organischen Substanzen zu erreichen. Abfallverbrennungsanlagen sind in Richtung einer Schadstoffreduktion bzw. Immobilisation optimiert; lediglich der verbleibende Rest an Energie kann für die Nutzung herangezogen werden. Diese Energienutzung stellt einen günstigen Nebeneffekt dar.“ [44]

Gesetze, die die Mitverbrennung indirekt betreffen

Die künftigen Entwicklungen der Abfallwirtschaft und dabei insbesondere der Stellenwert der Deponierung von Abfällen in Österreich sind im wesentlichen durch die neuen Regelungen

Deponieverordnung (DVO)

Wasserrechtsgesetz (WRG)-Novelle-Deponien sowie

Altlastensanierungsgesetz (AlsaG)-Novelle

festgelegt.

Dieses Regelungspaket legt direkt die Rahmenbedingungen für die Ablagerung von Abfällen fest. In weiterer Folge wird aufgrund der gesetzlich festgelegten Parameter und Grenzwerte sowie des marktwirtschaftlichen Lenkungseffekts (AlsaG-Beitrag) die Entsorgungswirtschaft insgesamt dahingehend beeinflusst, dass die Bedeutung der thermischen Abfallverwertung/-behandlung stark zunehmen wird.

Deponieverordnung (DVO) [11]

Mit der Deponieverordnung wurden strenge Vorgaben an die Ausstattung und Betriebsweise von Deponien, aber auch an die Qualität der abzulagernden Abfälle festgeschrieben. Insofern wurde der Stand der Deponietechnik festgelegt.

Der in Hinblick auf die Vorbehandlung von Abfällen vor der Ablagerung wesentlichste Punkt ist das in § 5 Z 7 der Deponieverordnung festgelegte Ablagerungsverbot für Abfälle, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) mehr als 5 M-% beträgt (dieser Grenzwert gilt bei einem Glühverlust < 8 M-% als eingehalten). Damit wird die Ablagerung von unvorbehandeltem Abfall unmöglich gemacht. Ausgenommen davon sind jedoch Abfälle aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung, sofern der aus der Trockensubstanz bestimmte obere Heizwert weniger als 6.000 kJ/kg beträgt.

Wasserrechtsgesetz (WRG)-Novelle Deponien [45]

Mit der Wasserrechtsgesetz-Novelle Deponien wurde die schrittweise Anpassung von bestehenden Deponien an den in der Deponieverordnung festgelegten Stand der Technik geregelt.

Der zeitliche Stufenplan für die Anpassung an den Stand der Technik wird in § 31d Abs. 3 lit. c bestimmt. Die wichtigsten Termine sind:

⇒ 1. Juli 1999: Einhaltung der Qualitätskriterien für die Ablagerung von Abfällen auf Bodenaushub- und Baurestmassendeponien

⇒ 1. Jänner 2004: abgeschlossene Anpassung der Reststoff- und Massenabfalldeponien

Ausnahmen von dieser Vorbehandlungspflicht legt der § 31d Abs. 7 fest:

Der Landeshauptmann kann unter Bedachtnahme auf die wasser- und abfallwirtschaftlichen Erfordernisse durch Verordnung die Anpassungsfrist bis 31. Dezember 2008 verlängern, wenn z.B. der Restmüll in diesem Bundesland überwiegend thermisch behandelt wird.

Novelle des Altlastensanierungsgesetzes (AlsaG-Novelle) [46]

Durch die Novelle des Altlastensanierungsgesetzes wurde ein Instrument geschaffen, das durch ökonomische Anreize eine möglichst rasche Anpassung an den Stand der Technik forciert. Es werden die Altlastenbeiträge je nach dem Stand der Anpassung in gestaffelter Höhe vorgeschrieben, und dadurch ein marktwirtschaftlicher Lenkungseffekt hin zu Deponien, die dem Stand der Technik angepasst sind bzw. zu Abfallbehandlungsverfahren, die die Menge des abzulagernden Abfalls stark vermindern.

Die Ablagerung einer Tonne Hausmüll wird z.B. ab 1. Jänner 2001 auf einer nicht dem Stand der Technik entsprechenden Deponie zwischen 600,- ATS und 1.400,- ATS, auf einer entsprechend ausgestatteten Deponie hingegen 200,- ATS bis 300,- ATS betragen.

Gesetze, die die Mitverbrennung direkt betreffen

Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K) [47] und Gewerbeordnung (GewO) [48]

Grundsätzlich sind Betriebsanlagen, sofern sie nicht nach einem anderem Gesetz (AWG, Mineralrohstoffgesetz (vormals BergG), ...) zu genehmigen sind, nach der GewO zu genehmigen. Für die thermische Verwertung sind in diesem Zusammenhang, die auf Basis des § 82 GewO erlassenen Verordnungen sowie das LRG-K (sowie die LRV-K), dessen relevante materierechtlichen Bestimmungen auch bei einer Genehmigung nach Gewerberecht herangezogen werden, von Bedeutung.

§ 2 Abs. 1 des LRG-K schreibt vor: „Dampfkesselanlagen sind derart zu errichten, auszurüsten und zu betreiben, dass die nach dem Stand der Technik vermeidbaren Emissionen unterbleiben“. Gemäß § 77 Abs. 3 der GewO hat die Behörde „Emissionen von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik zu begrenzen“. Gleichlautend definieren § 2 Abs.2 LRG-K und § 71a GewO: „Der Stand der Technik ist der den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen“.

Nach diesen Definitionen ist die unterschiedliche Regelung in Bezug auf Emissionsgrenzwerte aus Verbrennungsanlagen nicht zu erklären.

Für die Mitverbrennung von Klärschlamm in Industrieanlagen könnten folgende derzeit geltende Verordnungen nach § 82 GewO relevant werden: [49]

- Verordnung für Anlagen zur Zementerzeugung, BGBl. Nr. 63/1993
- Verordnung für Anlagen zur Gips-erzeugung, BGBl. Nr. 717/1993
- Verordnung für Anlagen zur Glaserzeugung, BGBl. Nr. 498/1994
- Verordnung für Anlagen zur Ziegelerzeugung, BGBl. Nr. 720/1993
- Verordnung für Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl, BGBl. Nr. 160/1997
- Verordnung für Anlagen zum Sintern von Eisenerzen, BGBl. Nr. 163/1997
- Verordnung für Anlagen zur Erzeugung von Nichteisenmetallen, BGBl. Nr. 1/1998

Im Anhang dieser Arbeit finden sie die tabellarische Gegenüberstellung der verschiedenen Luftemissionsgrenzwerte gemäß der LRV-K und den Branchenverordnungen auf Basis der GewO.

Störfallverordnung (StörfallVO) [50]

Diese Verordnung wurde aufgrund des § 82a Abs. 1 der GewO erlassen.

Die Störfallverordnung gilt für gefahrgeneigte Anlagen und regelt die Frage der Störfallvorsorge, Störfallabwehr und die Sicherheitspflichten des Anlagenbetreibers. Insbesondere wird festgelegt, wie die Sicherheitsanalyse und der Maßnahmenplan für gefahrgeneigte Anlagen zu erstellen ist.

Gefahrgeneigte Anlagen gemäß dieser Verordnung sind Anlagen,

- für die eine Genehmigung nach § 29 Abs. 1 AWG notwendig ist, oder
- in denen Stoffe nach Anlage 1 dieser Verordnung in einem die ebenfalls dort angegebenen Mengenschwellen übersteigendem Ausmaß vorhanden sein können.

In der Anlage 2 dieser Verordnung werden Betriebsanlagen angeführt, die als gefahrgeneigt einzustufen sind.

Dazu gehören unter anderem:

- Anlagen zur teilweisen oder vollständigen Beseitigung von festen oder flüssigen Stoffen in Form von Abfällen durch Verbrennen, wenn der durchschnittliche Massestrom an Brennstoff 750 kg/h überschreitet
- Anlagen zur thermischen Zersetzung brennbarer fester oder flüssiger Stoffe in Form von Abfällen unter Sauerstoffmangel (Pyrolyseanlagen), wenn der durchschnittliche Massestrom an Brennstoff 750 kg/h überschreitet
- Anlagen zur industriellen Herstellung von Stoffen durch chemische Umwandlung

8.3.3. Sonstige Rahmenbedingungen

Die thermische Behandlung wird sehr stark durch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bestimmt.

Die wesentlichen Parameter für die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind:

- Weltmarktpreise für die Primärenergieträger (Gas, Steinkohle, Heizöl schwer und leicht)
- Deponiepreise; bei sehr geringen Deponiepreisen erhöht sich der Kostendruck auf die thermischen Behandlungsverfahren (Der Abfall sucht sich oft den günstigsten Weg)
- Gesetzliche Auflagen; eine Verschärfung der Emissionsparameter führt immer zu einer Verteuerung der thermischen Behandlungsverfahren
- Größe der Behandlungsanlage; der wirtschaftliche Erfolg einer Behandlungsanlage hängt in einem sehr starken Maß von der Größe der Behandlungsanlage und vor allem von der Auslastung derselben ab. Schon manche thermische Behandlungsanlage endete als „Investitionsruine“, da es den Betreibern nicht gelang genügend Sekundärbrennstoff zu akquirieren, um die hohen Fixkosten der Anlage zu decken.

Als weiterer Punkt kann das Akzeptanzproblem bzw. Standortproblem für neu zu errichtende Behandlungsanlagen bzw. für die geplante Mitverbrennung von Klärschlamm genannt werden. Das wahrscheinlich größte Problem wäre das Problem der Standortsuche, da es in letzter Zeit beinahe unmöglich geworden ist eine Anlage zur Behandlung von Abfällen oder Klärschlamm zu errichten. An jedem Standort der geeignet scheint wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach sofort eine Bürgerinitiative bilden, die mit allen Mitteln eine Errichtung der Anlage verhindern will. Selbst beste Informationsarbeit kann hier nur bedingt helfen, da die Diskussionen meist emotional und nicht mehr rational geführt werden. Als Beispiele seien Niklasdorf, Trieben, Ranshofen oder die sogenannte „Gruberdeponie“ in Großarl genannt, bei der es sogar zu einer widerrechtlichen Besetzung der Deponie kam. Ein Beispiel dafür, dass es bei guter Informationsarbeit, wenn auch unter großen Mühen, möglich ist eine Anlage zu bauen ist die thermische Restabfallverwertungsanlage der WAV in Wels.

Ein weiterer wichtiger Punkt kann der zusätzliche Wartungsaufwand, bedingt durch die Klärschlammmitverbrennung genannt werden.

8.3.4. Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit der thermischen Behandlungsverfahren kann bei ausreichender Abgasbehandlung und gutem Ausbrand des Klärschlammes als gegeben angesehen werden. Ein wichtiger Aspekt, vor allem bei der industriellen Mitverbrennung, ist die Substitution der Primärenergieträger Gas, Steinkohle und Heizöl schwer, bzw. leicht durch Klärschlamm.

Bei der Mitverbrennung in Feuerungen für Nichtabfälle wie Kohlekraftwerke oder Zementöfen darf bis zu 25 % der Feuerungswärmeleistung durch Abfälle erzielt werden. Für diesen Anteil gelten dann ebenfalls die Grenzwerte des LRG – K, die resultierenden Grenzwerte werden durch eine Anteilsrechnung ermittelt. Die Mischgrenzwerte wurden bei allen Verbrennungsversuchen sicher eingehalten, allerdings werden die Grenzwerte oft stärker ausgeschöpft, das heißt die Frachten sind größer. [29]

Bei Schmelzkammerfeuerungen werden durch die hohen Temperaturen erhöhte Dioxinfrachten im Eintrag zuverlässig zerstört. Höhere NO_x-Frachten spielen keine Rolle, da hier ohnehin das thermische Stickstoffoxid dominant ist und dementsprechend Entstickungsanlagen vorhanden sein müssen. Sind Kraftwerke mit einer aufwendigen Rauchgasreinigung ausgerüstet, in diesem Fall sogar mit Aktivkoksfilter, dürfte selbst die durch die Klärschlammmitverbrennung eingetragene höhere Quecksilberfracht sicher abgefangen werden. Sind solche Filter nicht gegeben, müssen diese im Einzelfall bei Bedarf nachgerüstet werden. [29]

Die Schwermetallkonzentrationen in den Rückständen steigen bei einigen Metallen wie Chrom, Kupfer, Nickel und Blei leicht an, sie werden jedoch in den Schmelzkammergranulaten auslaugsicher eingebunden. Derzeit laufen Untersuchungen, bis zu welcher Mitverbrennungsmarge keine Einschränkungen der Rückstandsverwertung insbesondere im Bereich Betonzuschlag zu erwarten sind. [29]

Bei der Verfeuerung von Klärschlamm in Zementwerken ergeben die hohen Temperaturen beim Brennen zudem eine sichere Zerstörung organischer Schadstoffe. Die Schwermetalle des Klärschlammes werden in die Zementmatrix eingebunden und somit der Biosphäre entzogen. Die Grenzwerte des LRG – K gelten anteilig. Die Gehalte an Quecksilber und Cadmium im Abgas erfordern jedoch eine Nachrüstung von Aktivkoksfiltern. Die Emissionen an Schwefeldioxid und Stickstoffoxid werden nicht erhöht. [29]

Während der Schlamm-trocknung wird ein großer Teil des in den Schlamm-partikeln und im Schlamm-wasser gebundenen Ammoniums und der flüchtigen organischen Verbindungen (CSB) ausgetrieben und in die Brüden-kondensate verfrachtet. Damit kommt es zu Rückbelastung der Kläranlage aus der Trocknung. Allerdings sind Rückbelastungen nicht nur aus der Schlamm-trocknung sondern auch aus der Schlamm-entwässerung vorhanden. In Summe überwiegen die dort anfallenden Schmutz-frachten sowohl hinsichtlich der Kohlenstoffverbindungen als auch hinsichtlich der Stickstoffverbindungen die Schmutz-fracht aus der Trocknung bei weitem.

Tabelle 8.7: Rückbelastungen aus der Klärschlamm-trocknung

	Schlamm-entwässerung von 4 % auf 25 % TR	Schlamm-trocknung von 25% auf 90% TR	zum Vergleich Klär- anlagen-zulauf nach ATV A 131
Abwassermengen	21 m ³ /Mg TR = 0,53 m ³ /EW	2,9 m ³ /Mg TR = 0,07 m ³ /EW	
Konzentrationen:			
CSB	380 – 500 mg/l	300 – 3.100 mg/l	
BSB ₅	100 – 200 mg/l	120 – 2.400 mg/l	
NH ₄ -N	800 – 1.300 mg/l	200 – 2.300 mg/l	
Frachten:			
CSB	0,5 g/EW x d	0,2 g/EW x d	120 g/EW x d
BSB ₅	0,1 g/EW x d	0,1 g/EW x d	60 g/EW x d
NH ₄ -N	1,2 g/EW x d	0,1 g/EW x d	11 g/EW x d

Deutlich wird, dass bei der Mitbehandlung der Abwässer in einer kommunalen Kläranlage durch die Schlamm-trocknung keine wesentliche Mehrbelastung zu erwarten ist. Die Rückbelastungen aus der Trocknung bewegen sich bei der Stickstofffracht im Bereich der Schwankungsbreiten der Rückläufe aus der Schlamm-entwässerung. Im übrigen belegen diese Werte die Grundsätze des ATV Arbeitsblattes A 131, nach dem durch die Rückläufe aus der Schlamm-behandlung sich die Belastung der biologischen Reinigungsstufe bis zu 20 % erhöhen kann. [42]

8.3.5. Verwertungskosten

Die Einflussparameter für die Verwertungskosten wurden bereits in Kapitel 8.3.3 abgehandelt. Die Verwertungskosten in industriellen Mitverbrennungsanlagen sind geringer als bei reiner Müll- oder Klärschlamm-verbrennungsanlagen. Man kann mit Kosten von 600 bis 2.000 ATS/Mg Klärschlamm bei 30 % TS rechnen. Die Kosten sind vor allem von den Anlieferungsmengen und dem TS-Gehalt abhängig.

9. Schlussfolgerungen

Im diesem Kapitel wird versucht Schlussfolgerungen für die weitere Entsorgung bzw. Verwertung des kommunalen Klärschlammes des Mürzverbands zu ziehen.

9.1 Klärschlammqualität

Nach Abschluss der Umbauarbeiten gemäß WRG-Novelle wird sich auch die Qualität der Klärschlämme des Mürzverbands verbessern. Die Klärschlämme werden zu diesem Zeitpunkt nach der Behandlung im Faulturm in ausgefaulter, stabilisierter Form vorliegen. Durch die Vergrößerung der Behandlungsbecken wird der Schlamm auch vor der Faulung in besserer Form vorliegen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Parameter für die Indirekteinleitung der an das Kanalnetz angeschlossenen Industriebetriebe eingehalten werden. Sollte es zu einer Verschärfung der Parameter in Form von Novellierung der jeweiligen Verordnungen kommen, so ist mit einer weiteren Verbesserung der Klärschlammqualität in Hinsicht auf die Schwermetallbelastung des Klärschlammes zu rechnen.

9.2 Klärschlammengen

Der Anstieg der Klärschlammengen wird sich im Mürzverband im Rahmen halten, bzw. es wird zu einer leichten Verringerung der Massen kommen.

Diese Werte sind mit einer großen Unsicherheit behaftet, da einerseits die Daten für die Bevölkerungsentwicklung von einer starken Abwanderung geprägt sind, aber andererseits die Anpassungsmaßnahmen im Zuge WRG-Novelle eventuell zu einem leichten Anstieg der Klärschlammmassen führen werden, bedingt durch Nitrifikation/Denitrifikation und Phosphatelimination.

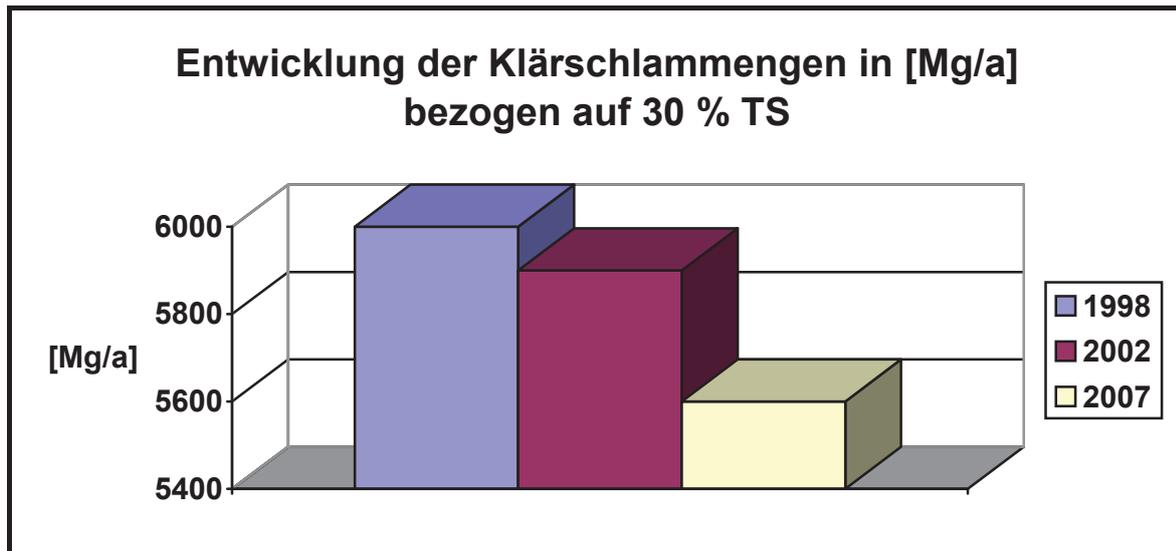


Abbildung 9.1: Entwicklung der Klärschlammengen im Mürzverband

9.3 Alternative Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten

Der Mürzverband ist mit der MBR Allerheiligen in der glücklichen Lage den größten Teil seines anfallenden Klärschlammes gemeinsam mit Restabfall zu Kompost verarbeiten zu können. Dieser Kompost wird auf der verbandseigenen Deponie zu einem geringen Teil im Rahmen von Rekultivierungsarbeiten und zum Deponiebau verwendet. Der restliche Teil wird vor Ort direkt deponiert. Nach der allfälligen Anpassung der MBR Allerheiligen, vor allem in Hinsicht auf die Einhaltung des H_0 -Grenzwertes von 6.000 KJ/Kg TS, an die Deponieverordnung sollte dieser Weg auch in Zukunft möglich sein.

Sollte dieser Weg in Zukunft nicht mehr möglich sein, bzw. die dann reine Klärschlammkompostierung nur mehr ein Zwischenschritt vor einer weiteren Verwertung sein, so würden sich theoretisch 3 Verwertungswege ergeben:

- Landwirtschaftliche Verwertung
- Landschaftsbauliche Verwertung
- Thermische Behandlung

Die Landwirtschaftliche Verwertung wird im Verbandsgebiet des Mürzverbands keinerlei Bedeutung haben. Die Lebensmittelskandale in letzter Zeit haben wieder zu einer Rückbesinnung auf die biologische Landwirtschaft geführt, die auch den Einsatz von Klärschlamm als Dünger ausschließt. Es ist daher kurz- bis mittelfristig nicht mit einem Meinungsumschwung zu Gunsten einer landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zu rechnen.

Der Einsatz von Klärschlamm im Rahmen der landschaftsbaulichen Verwertung hängt immer vom Vorhandensein von lokalen Großprojekten, wie der Rekultivierung von Steinbrüchen etc. ab. Im Verbandsgebiets des Mürzverbands ist nicht mit einem großen Anteil der landschaftsbaulichen Verwertung zu rechnen. Es ist aber durchaus möglich, dass geringe Mengen im Rahmen von kurzfristigen Rekultivierungsmöglichkeiten abgesetzt werden können.

Die einzige Möglichkeit der alternativen Verwertung ist in der thermischen Behandlung zu sehen. Hier vor allem, oder vielmehr ausschließlich im Rahmen der industriellen Mitverbrennung.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Firma ENAGES eine Verbrennungsanlage in Niklasdorf plant, die auch eine Mitverbrennung von Klärschlamm vorsieht. Dies ist eine gute Gelegenheit über das Thema der Mitverbrennung von Klärschlämmen in dieser Anlage mit den in der Nähe liegenden Abwasserverbänden zu diskutieren.

Selbst wenn die Anlage in Niklasdorf nicht gebaut wird, ist in den nächsten Jahren mit einem Anstieg der industriellen Behandlungskapazitäten zu rechnen. In den letzten Jahren kam es auf dem Gebiet der industriellen Mitverbrennung zu großen Forschungsaktivitäten, vor allem durchgeführt vom Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik an der Montanuniversität Leoben.

Mit dem Wirbelschichtofen der RVL Lenzing steht bereits ein leistungsfähiger und kostengünstiger alternativer Entsorgungsweg zur Verfügung.

10. Zusammenfassung

Im diesem Kapitel wird versucht eine kurze Zusammenfassung der vorangegangenen Abschnitte zu geben

Ziel dieser Diplomarbeit war es einen Überblick über die heutige Situation der Klärschlamm Entsorgung in Österreich und im Speziellen im Mürzverband zu geben. Dies schloss die Beprobung und Analyse der anfallenden Klärschlämme in Hinsicht auf die Grenzwerte der steiermärkischen Klärschlammverordnung und der Deponieverordnung im Ablauf eines Jahres mit ein.

Als wichtigster Aspekt der Diplomarbeit wurde versucht, die Entwicklung der Klärschlamm m engen im Verbandsgebiet abzuschätzen und alternative Verwertungs- bzw. Entsorgungswege aufzuzeigen.

Nach Abschluss der Umbauarbeiten gemäß WRG-Novelle wird sich auch die Qualität der Klärschlämme des Mürzverbands, die bereits heute als gut bezeichnet werden kann, weiter verbessern. Die Klärschlämme werden zu diesem Zeitpunkt nach der Behandlung im Faulturn in ausgefauter, stabilisierter Form vorliegen.

Der Anstieg der Klärschlamm m engen wird sich im Mürzverband im Rahmen halten, bzw. es wird zu einer leichten Verringerung der Massen kommen.

Im Jahr 1998 wurden rund 6.000 Mg/a Klärschlamm entsorgt. Im Jahr 2002 ist mit ca. 5.900 Mg/a und 2007 mit ca. 5.600 Mg/a zu rechnen.

Der Mürzverband verarbeitet den größten Teil seines anfallenden Klärschlamm s gemeinsam mit Restabfall in der MBR Allerheiligen zu Kompost. Dieser wird teilweise zur Deponierekultivierung und zum Deponiebau verwendet. Der größte Anteil wird direkt deponiert.

Sollte dieser Weg in Zukunft nicht mehr möglich sein, bzw. die dann reine Klärschlammkompostierung nur mehr ein Zwischenschritt vor einer weiteren Verwertung sein, so würden sich theoretisch 3 Verwertungswege ergeben:

- Landwirtschaftliche Verwertung
- Landschaftsbauliche Verwertung
- Thermische Behandlung

Als reale Möglichkeit für die alternative Verwertung ist die thermische Behandlung zu sehen. Hier vor allem, oder vielmehr ausschließlich im Rahmen der industriellen Mitverbrennung.

Mit dem Wirbelschichtofen der RVL Lenzing steht bereits ein leistungsfähiger und kostengünstiger alternativer Entsorgungsweg zur Verfügung.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich in näherer Zukunft wahrscheinlich mit der geplanten Wirbelschichtofen der Firma ENAGES in Niklasdorf.

11. Verzeichnisse

11.1 Literatur

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE: Bundes-Abfallwirtschaftsplan Bundesabfallbericht Wien, 1998, S.29
- [2] INSTITUT FÜR ENTSORGUNGS- UND DEPONIETECHNIK: Pilotprojekt zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) im Mürzverband - 2. Projektphase, 1998, S.3
- [3] IMHOFF, R., BODE, H., EVERS, P.: Entwurfsbeispiele für kommunale Kläranlagen, Oldenburg Verlag München Wien, 1996, S.46 ff
- [4] MÜRZVERBAND: Informationsbroschüre, Bruck an der Mur
- [5] MÜRZVERBAND: Mündliche Informationen
- [6] UMWELTBUNDESAMT: Kommunaler Klärschlamm in Österreich, Ist-Zustand und Perspektiven, Umweltbundesamt, Wien, 1994
- [7] AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG: Steiermärkisches Klärschlammverwertungs- und Entsorgungskonzept, Graz, 1995
- [8] NELLES, M., REDL, C.: Bestandsaufnahme zur Erstellung des Klärschlammverwertungs- und Entsorgungskonzeptes für den Bezirk Bruck an der Mur, Graz, 1996
- [9] NELLES, M., REDL, C.: Bestandsaufnahme zur Erstellung des Klärschlammverwertungs- und Entsorgungskonzeptes für den Bezirk Mürzzuschlag, Graz, 1996
- [10] ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (ÖROK): Bevölkerungsprognosen für Österreich 1991 bis 2021, Wien 1996
- [11] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Deponieverordnung, BGBl. Nr. 164/1996, Wien, 1996
- [12] NELLES, M.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung zur Umsetzung der Deponieverordnung, Dissertation, Leoben, 1998, S.93 ff

- [13] NELLES, M.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung zur Umsetzung der Deponieverordnung, Dissertation, Leoben, 1998, S.31 ff
- [14] LORBER, K. E., NELLES, M.: Untersuchungen zur Klärschlammmentwässerung und landwirtschaftlichen bzw. landschaftsbaulichen Verwertbarkeit des Klärschlammes der Großkläranlage Gössendorf, Leoben, 1994
- [15] KASSNER, W., SCHMUCKER, A.: Alternative Verfahren der Klärschlammmentsorgung (Forschungsbericht), Umweltbundesamt, Berlin, 1990
- [16] EITNER, R., DAUBER, S. TRÄNKLER, J.: Klärschlammmentsorgung – Grundlagen und ausgewählte Verfahren, Economia Verlag, Bonn, 1994
- [17] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl. Nr. 325/1990, Wien, 1990
- [18] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Wasserrechtsgesetz, BGBl. Nr. 252/1990, Wien, 1990
- [19] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Düngemittelgesetz, BGBl. Nr. 513/1994, Wien, 1994
- [20] BUNDESTAG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.): Klärschlammverordnung, Bonn, 1992
- [21] LAND OBERÖSTERREICH (HRSG.): Klärschlamm-, Müll- und Klärschlammkompostverordnung, LGBl. Nr. 21/1993, Linz, 1993
- [22] LAND STEIERMARK (HRSG.): Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz, LGBl. Nr. 66/1987, Graz, 1987
- [23] LAND STEIERMARK (HRSG.): Steiermärkische Klärschlammverordnung, LGBl. Nr. 51/2000, Graz, 2000
- [24] BEVER, J: Perspektiven der Klärschlammmentsorgung, Oldenburg Verlag, München Wien, 1994
- [25] LAHL, U.: Im Gespräch, Band 5, Univerlag, Ulm, 1994

- [26] MÖNICKE, R.: Nähr- und Schadstoffaspekte bei der Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, Korrespondenz Abwasser Nr. 8, 1994
- [27] SCHÖNBBERGER, H.: Entsorgung contra Verwertung, Müllmagazin Nr. 1, 1990
- [28] KEDING, M., LANGENOHL, T., WILLE, H.: Stoffliche Verwertung von Klärschlämmen und klärschlammhaltigen Produkten im Landschaftsbau, Abwassertechnik, Juli – August 1994
- [29] FAULSTICH, M.: Thermische Behandlungsverfahren, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Technische Universität München, München, 1996
- [30] FAULSTICH, M.: Grundlagen der Inertisierung, aus Müllverbrennung und Umwelt, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin, 1989, S.893 ff.
- [31] ALBRECHT, J., SCHAUB, G., SCHMITT, G., WINKLER, G.: Verbrennung von Klärschlamm im Wirbelschichtofen, Etagenofen und Etagenwirbler, aus Klärschlamm Entsorgung II. Handbuch, VDI-Bildungswerk, Bamberg, 1995
- [32] BUTTKER, B.: Betriebsergebnisse der Klärschlammvergasung, aus Verfahren und Stoffe in der Kreislaufwirtschaft, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin, 1995, S.964 ff.
- [33] SCHINGNITZ, M.: Verwertung von Restmüll und Klärschlamm durch Flugstromvergasung, aus Inertisierung durch thermische Abfallbehandlung, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Nr. 118, Technische München, 1994, S.89 ff
- [34] REIMANN, D. O.: Der Weg zur gesicherten Klärschlamm Entsorgung, in Klärschlamm Entsorgung, Beiheft 28 zu Müll und Abfall, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1994, S.123 ff
- [35] KERBER, G.: Klärschlammverbrennung nach Trocknung und Mahlung als Staubeintrag im Feuerraum, in Klärschlamm Entsorgung, Beiheft 28 zu Müll und Abfall, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1994, S.106 ff
- [36] SCHULTEß, W.: Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kohleverbrennungsanlagen, Studie im Auftrag von Raab Karcher Kohle GmbH, Essen,
- [37] HANNES, K. W.: Verbrennung von Klärschlämmen in Schmelzkammerfeuerungen von Ballast-Steinkohlefeuerungen, in Recycling von Klärschlämmen, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin, 1989, S.345 ff.

- [38] OBRIST, A, LANG, TH.: Verbrennung von Klärschlämmen in Zementdrehöfen, Gas – Wasser – Abwasser Nr. 67, 198, S.174 ff.
- [39] QUERVAIN, B. DE.: Zementherstellung unter Verwendung von Klärschlamm zur Kohlesubstituierung, aus Klärschlamm Entsorgung II. Handbuch, VDI-Bildungswerk, Bamberg, 1995
- [40] MÄRTENS, H.: Alfelder Modell, Klärschlammgranulat/Asphalt, in Klärschlamm Entsorgung, Beiheft 28 zu Müll und Abfall, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1994, S.82 ff
- [41] BLUMER, M.: Konzept für die Klärschlamm Entsorgung durch Verbrennung in Mischgutwerken, Schrift Schweizerische Mischgut-Industrie und Fachverband für bituminöses Mischgut, Rothenburg/Schweiz, 1985
- [42] STEGER, M.: Zentrale und dezentrale Trocknung, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Technische Universität München, München, 1996
- [43] LESSL, T.: Niedertemperaturbehandlung – eine Alternative?, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Technische Universität München, München, 1996
- [44] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Durchführungsverordnung
- [45] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Wasserrechtsgesetz-Novelle Deponien, BGBl. Nr. 59/1997, Wien, 1997.
- [46] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Novelle des Altlastensanierungsgesetzes, BGBl. Nr. 201/1996, Wien, 1996.
- [47] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Bundesgesetz zur Begrenzung der von Dampfkesselanlagen ausgehenden Luftverunreinigungen (Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen LRG-K), BGBl. Nr. 380/1998 i.d.F. BGBl. Nr. 185/1993, BGBl. Nr. 115/1997, Wien, 1997.
- [48] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Gewerbeordnung 1994 – GewO 1994, BGBl. Nr. 194/1994, Wien, 1994.

- [49] GRECH, H.: Mitverbrennung von heizwertreichen Abfallfraktionen in industriellen Feuerungsanlagen, Studienarbeit, Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik, Leoben, 1996
- [50] REPUBLIK ÖSTERREICH (HRSG.): Verordnung über die Bezeichnung gefahrgeneigter Anlagen und über die den Inhaber einer solchen Anlage in bezug auf Störfälle treffenden Verpflichtungen (Störfallverordnung), BGBl. Nr. 593/1991, Wien, 1991.

11.2 Verwendete Abkürzungen/Begriffe

a	Jahr
Abb.	Abbildung
ADRS	Abdampfrückstand
AEV	Abwasseremissionsverordnung
AGR	Austria Glas Recycling GmbH
AlsaG	Altlastensanierungsgesetz
AOX	absorbierbare organische Halogene
ARA	Abwasserreinigungsanlage(n) oder Altstoff Recycling Austria AG
ARGEV	Arbeitsgemeinschaft Verpackungsverwertungs GmbH
ARO	Altpapier Recycling Organisations GmbH
ASZ	Alt- und Problemstoffsammelzentrum
AT _x	Atmungsaktivität in x Tagen
ATS	österreichischer Schilling
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
AWV	Abfallwirtschaftsverband
BAnz.	Bundesanzeiger (Deutschland)
BAS	Biologisches Abbau-System
BAWP	Bundes-Abfallwirtschaftsplan
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMA	biologisch-mechanische Restabfallbehandlung
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie (Deutschland)
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMUJF	Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
BMUNR	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Deutschland)
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
BRAM	„Brennstoff aus Müll“
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (in mg O ₂ /l)

bzw.	Beziehungsweise
ca.	Circa
Cd	Cadmium
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Cont.	Container
d	Tag
d.h.	das heißt
DIN	Deutsche Industrienorm
DVO	Deponieverordnung
EGW	Einwohnergleichwert
EOX	extrahierbare organische Halogene
EPS	Expandiertes Polystyrol (Styropor)
etc.	et cetera
EW	Einwohner
EGW ₆₀	Einwohnergleichwert: 60 Gramm BSB ₅ pro Einwohner und Tag
FE	Forschung und Entwicklung
FM	Feuchtmasse
GB _x	Gasbildungspotential nach x Tagen
ggstdl.	Gegenständlich
GMBI.	Gemeinsames Ministerialblatt (Deutschland)
GV	Glühverlust
GR	Glührückstand
h	Stunde
HDPE	High Density Polyethylen
HH	Haushalt
H _o	oberer Heizwert, Brennwert, Verbrennungswert
Hrsg.	Herausgeber
H _u	unterer Heizwert

i. a.	im allgemeinen
i. d. F.	in der Fassung
i. d. R.	in der Regel
i. S. v.	im Sinne von
i. V. m.	in Verbindung mit
IED	Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik
incl.	Inclusive
Lkr.	Landkreis
k. A.	keine Angaben
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
KS	Klärschlamm
KSVO	Klärschlammverordnung
KW	Kohlenwasserstoffe
l/s	Liter pro Sekunde
LASTAT	Landesamtsdirektion - Referat Statistik
LDPE	Low Density Polyethylen
LGBl.	Landesgesetzblatt
lt.	Laut
LW	Landwirtschaft
M-%	Massenprozent
m ³	Kubikmeter
MBR	mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage(n)
MBRS	mechanisch-biologisches Restabfallsplitting
MBRVD	mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor der Deponierung
MBRVV	mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung
Mg	Megagramm = 10 ⁶ Gramm = Tonne
Mio.	Millionen

mm	Millimeter
m _{sp}	Einwohnerspezifisches Abfallaufkommen (in kg/EW×a)
MUL	Montanuniversität Leoben
MVA	Müllverbrennungsanlage
n. b.	nicht bestimmt
NDIR	Nicht-dispersive Infrarot-Spektrometrie
Nö.	Niederösterreich
Nr.	Nummer
o. g.	oben genannt
o. S.	organische Substanz
ÖN	Österreichische Norm (ÖNORM)
Oö.	Oberösterreich
ÖROK	Österreichische Raumordnungskonferenz
ÖSTAT	Österreichisches Statistisches Zentralamt
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
p. a.	pro anno (pro Jahr)
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
POX	(purgable) ausblasbare organische Halogene
PS	Polystyrol
RVL Lenzing	RVL Reststoffverwertung Lenzing GMBH
S	Schwefel
SNr.	Schlüsselnummer
sog.	Sogenannt
StAWG	Steiermärkisches Abfallwirtschaftsgesetz
StAWiKo	Steiermärkisches Abfallwirtschaftskonzept

TA	Technische Anleitung (Deutschland)
Tab.	Tabelle
TASi	Technische Anleitung Siedlungsabfall (Deutschland)
TM bzw. TS	Trockenmasse bzw. Trockensubstanz
TOC	total organic carbon (gesamter organisch gebundener Kohlenstoff)
TS	Trockensubstanz
TU	Technische Universität
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
v. a.	vor allem
VO	Verordnung
VZ	Volkszählung
WG	Wassergehalt
Wo.	Woche
WRG	Wasserrechtsgesetz
Z.	Ziffer
z. B.	zum Beispiel
Zn	Zink
z.Z.	zur Zeit

11.3 Tabellen

Tabelle 3.1:	Schlammarten und deren Schlüsselnummern (ÖNORM S 2100).....	11
Tabelle 5.1:	Kommunaler Klärschlamm 1991 und die Verarbeitungswege in Prozenten	24
Tabelle 5.2:	Anfallende Klärschlammengen auf der Basis der in der Praxis relevanten TS-Gehalte	29
Tabelle 5.3:	Anfallende Klärschlammengen auf der Basis der in der Praxis relevanten TS-Gehalte	32
Tabelle 6.1	Kommunaler Klärschlammfall 1991 und die Prognosen für das Jahr 2000	37
Tabelle 7.1	Schwermetallgehalte im Klärschlamm und Grenzwerte der KSVÖ [mg/kg TS].....	54
Tabelle 7.2	Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Massenabfalldeponien	58
Tabelle 7.3	Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat für Massenabfalldeponien	59
Tabelle 7.4	Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Langenwang (Mürz I)	60
Tabelle 7.5	Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Wartberg (Mürz II)	62
Tabelle 7.6	Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA St. Marein (Mürz III)	63
Tabelle 7.7	Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Kapfenberg (Mürz IV).....	65
Tabelle 7.8	Nähr- und Schadstoffgehalte im Klärschlamm der ARA Bruck/Oberaich ...	66
Tabelle 7.9:	Ergebnisse der Untersuchungen von Klärschlämmen aus den ARA des Mürzverbands (16 Proben) und der ARA Bruck an der Mur (3 Proben) (Angaben in mg/kg TS außer TS, WG, pH-Wert und Ho)	69
Tabelle 7.10:	Charakterisierung des Endproduktes aus der MBR und dessen Deponie- verhalten nach eigenen Untersuchungen.....	71
Tabelle 8.1:	Durchschnittliche Nährstoffgehalte im Klärschlamm [16].	75
Tabelle 8.2:	Auswertungsschema für die Erstellung von Bodenempfindlichkeitskarten. Entwurf : P. Nelhiebel, O. Danneberg, M. Eisenhut und W. Hellmann.....	82

Tabelle 8.3:	Matrizelemente im Klärschlamm am Beispiel der ABA Zürich-Werdhölzli [24].....	87
Tabelle 8.4:	Vergleich Klärschlammaufbringung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau	94
Tabelle 8.5:	Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Bodenaushub-deponien laut Tabelle 1 des Anhangs 1 der Deponieverordnung	95
Tabelle 8.6:	Grenzwerte für Boden nach Kloke/Eikmann bzw. der österreichischen Deponieverordnung bei unterschiedlicher Nachnutzung und ohne Grundwasserrelevanz [28].....	99
Tabelle 8.7:	Rückbelastungen aus der Klärschlamm-trocknung	121

11.4 Abbildungen

Abbildung 2.1:	Ablaufschema der Kläranlage Duisburg	6
Abbildung 2.2	Symbol des Mürzverbands mit den wichtigsten Verbandsgemeinden (Bruck a. d. Mur ist nur Mitglied des Bereiches Abfallentsorgung)	7
Abbildung 2.3	Prinzipielles Ablaufschema der Kläranlagen des Mürzverbands.....	8
Abbildung 4.1:	Restmüllaufgabe mittels Radlader.....	16
Abbildung 4.2:	Mischzerkleinerer	17
Abbildung 4.3:	Schneckenförderer	17
Abbildung 5.1:	Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm in Österreich [6].	22
Abbildung 5.2:	Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm in der Steiermark	25
Abbildung 5.3:	Derzeitige Verwertungs- bzw. Entsorgungspraxis für die kommunalen Klärschlämme aus dem Bezirk Bruck.....	31
Abbildung 5.4:	Derzeitige Verwertungs- bzw. Entsorgungspraxis für die kommunalen Klärschlämme aus dem Bezirk Mürzzuschlag.....	33
Abbildung 5.5:	Verwertungs- und Entsorgungswege von Klärschlamm im Untersuchungsgebiet.....	34

Abbildung 6.1	Zunahme der Klärschlammmassen in Österreich bis zum Jahr 2000 [6]	37
Abbildung 6.2	Klärschlammanfall der 4 ARA des Mürzverbands für das Jahr 1996	40
Abbildung 6.3:	Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung des Mürzverbands nach den verschiedenen Szenarien	47
Abbildung 6.4:	Basisszenario der Bevölkerungsentwicklung; Vergleich des Einzugsgebietes des Mürzverbands mit anderen Regionen	48
Abbildung 6.5:	Entwicklung der Klärschlammmassen im Vergleich mit anderen Regionen; Basisszenario	49
Abbildung 6.6:	Entwicklung der Klärschlammmassen für die Verbandskläranlagen im Bezirk Bruck an der Mur; alle Szenarien	50
Abbildung 6.7:	Entwicklung der Klärschlammmassen für die Verbandskläranlagen im Bezirk Mürzzuschlag; alle Szenarien.....	51
Abbildung 9.1:	Entwicklung der Klärschlammmengen im Mürzverband.....	123

Anhang A

Diagramme zur Entwicklung der Bevölkerung und der Klärschlammengen

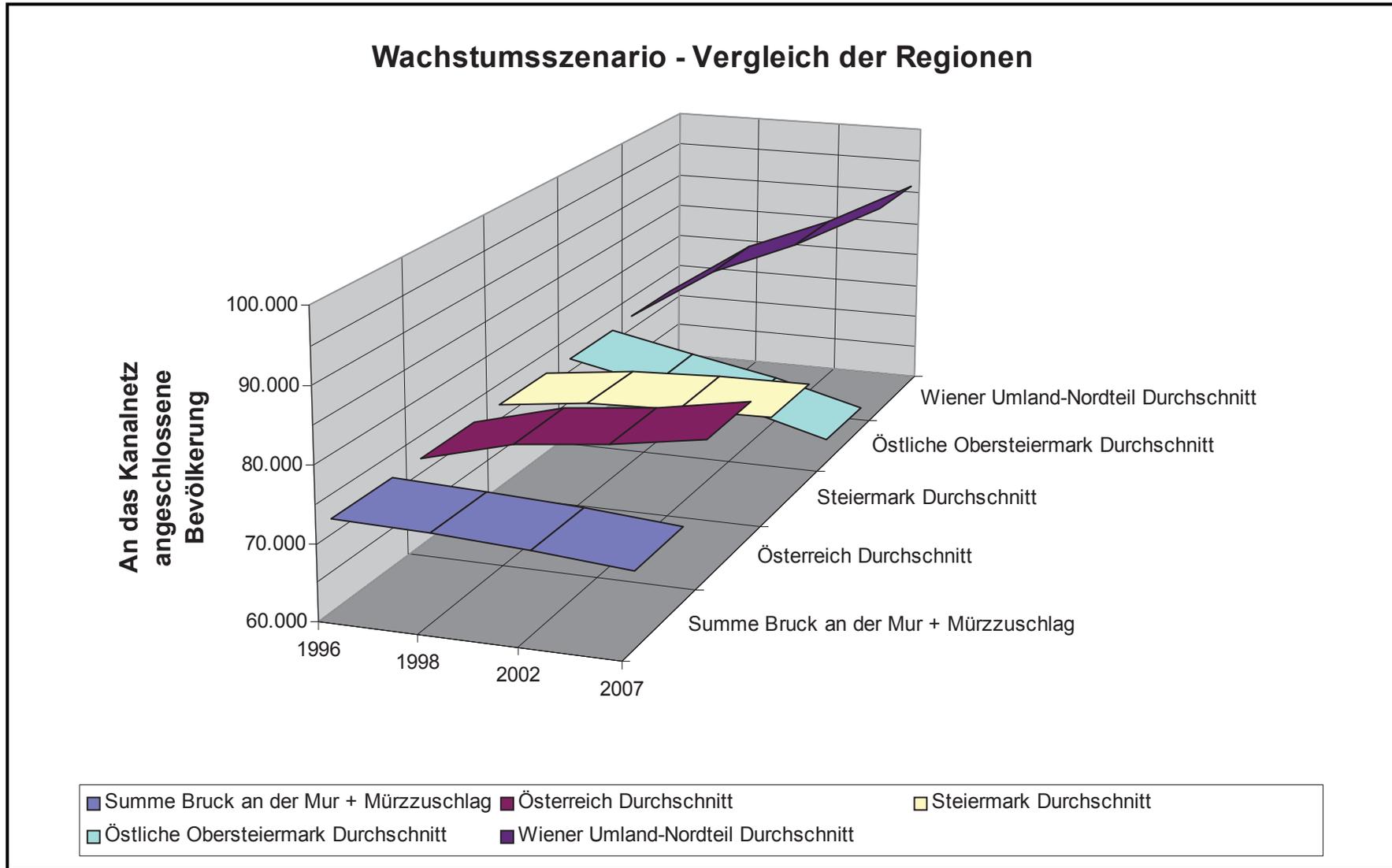


Abbildung A 1: Bevölkerungsentwicklung nach dem Wachstumsszenario

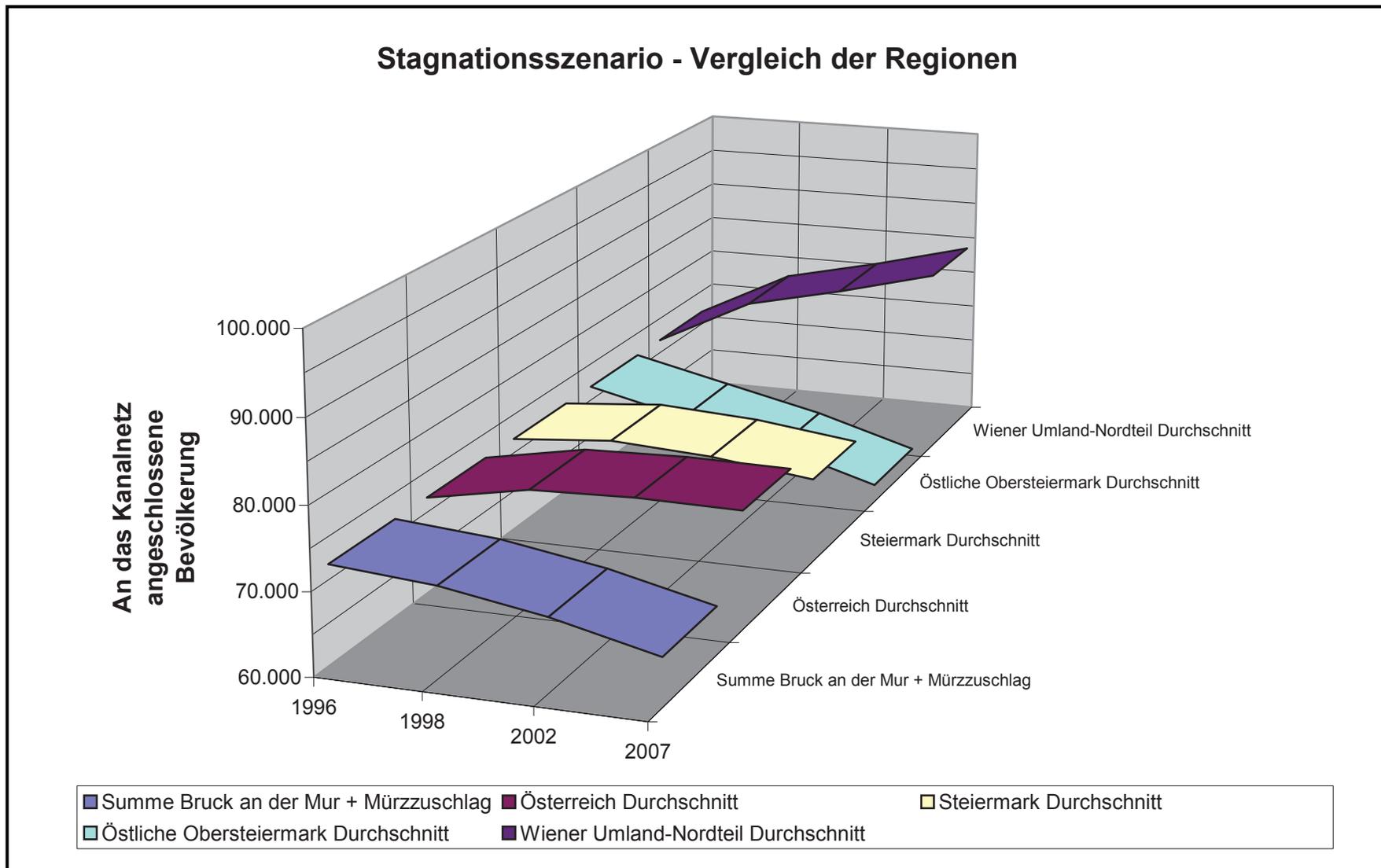


Abbildung A 2: Bevölkerungsentwicklung nach dem Stagnationsszenario

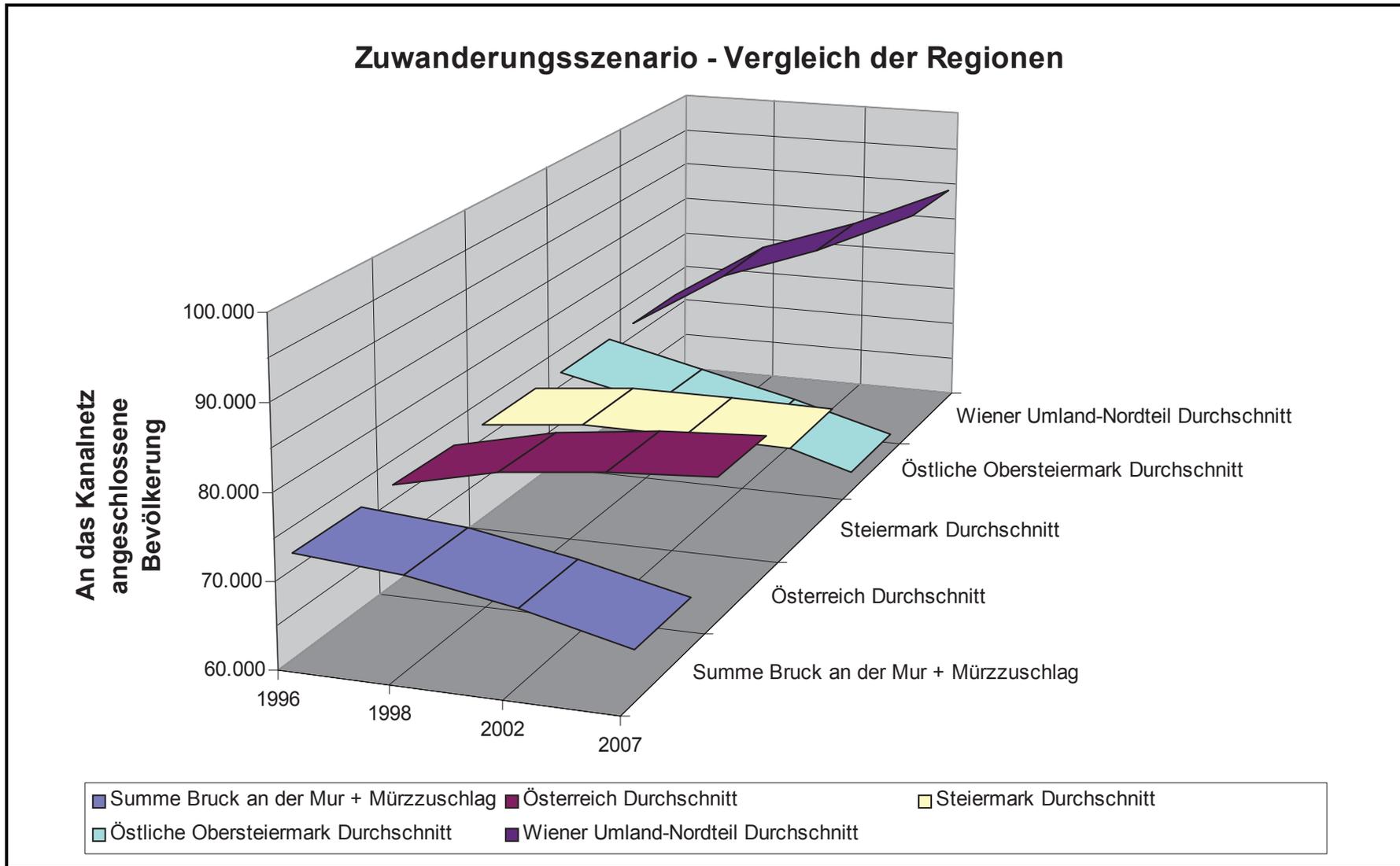


Abbildung A 3: Bevölkerungsentwicklung nach dem Zuwanderungsszenario

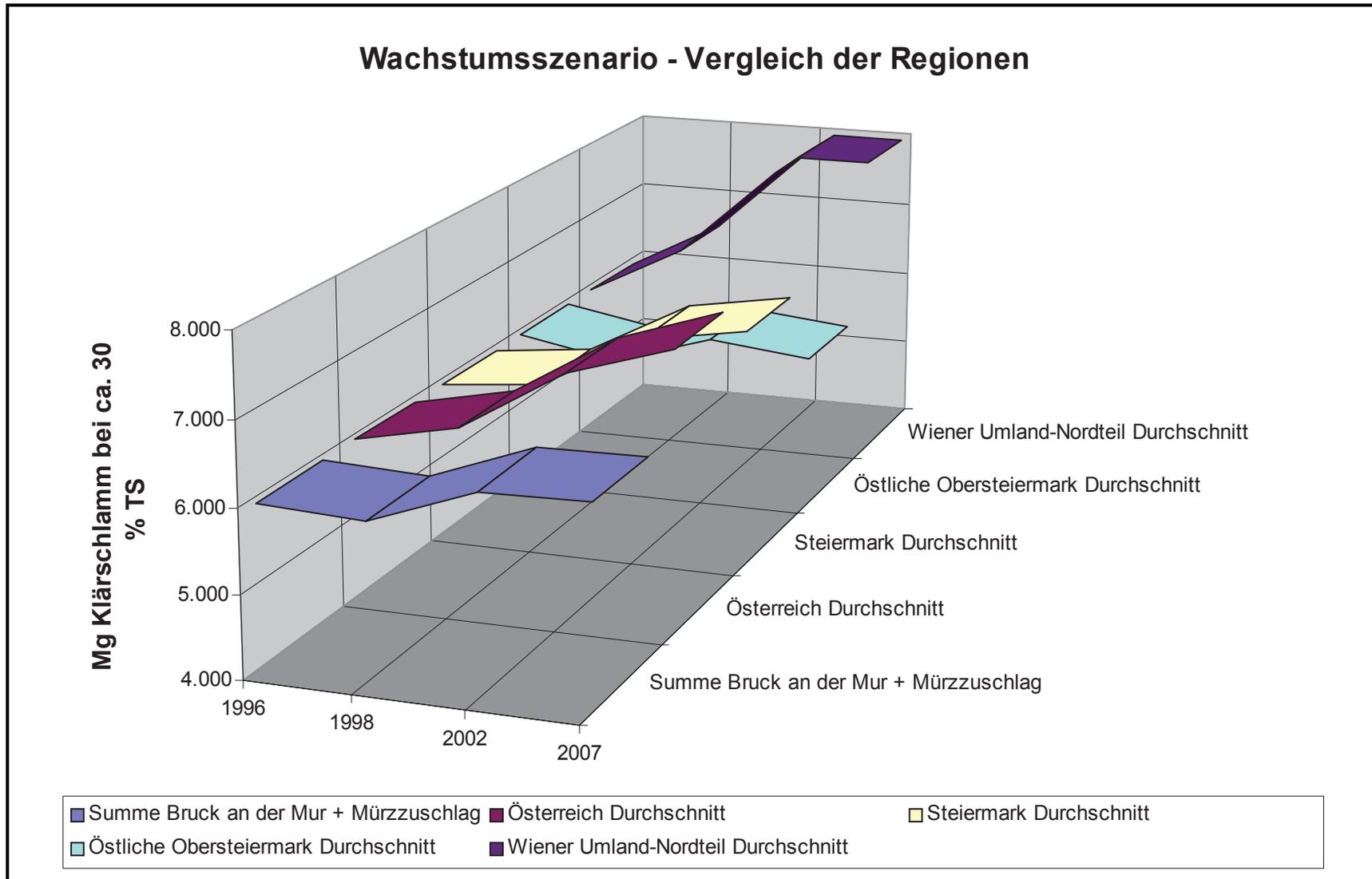


Abbildung A 4: Entwicklung der Klärschlammengen nach dem Wachstumsszenario

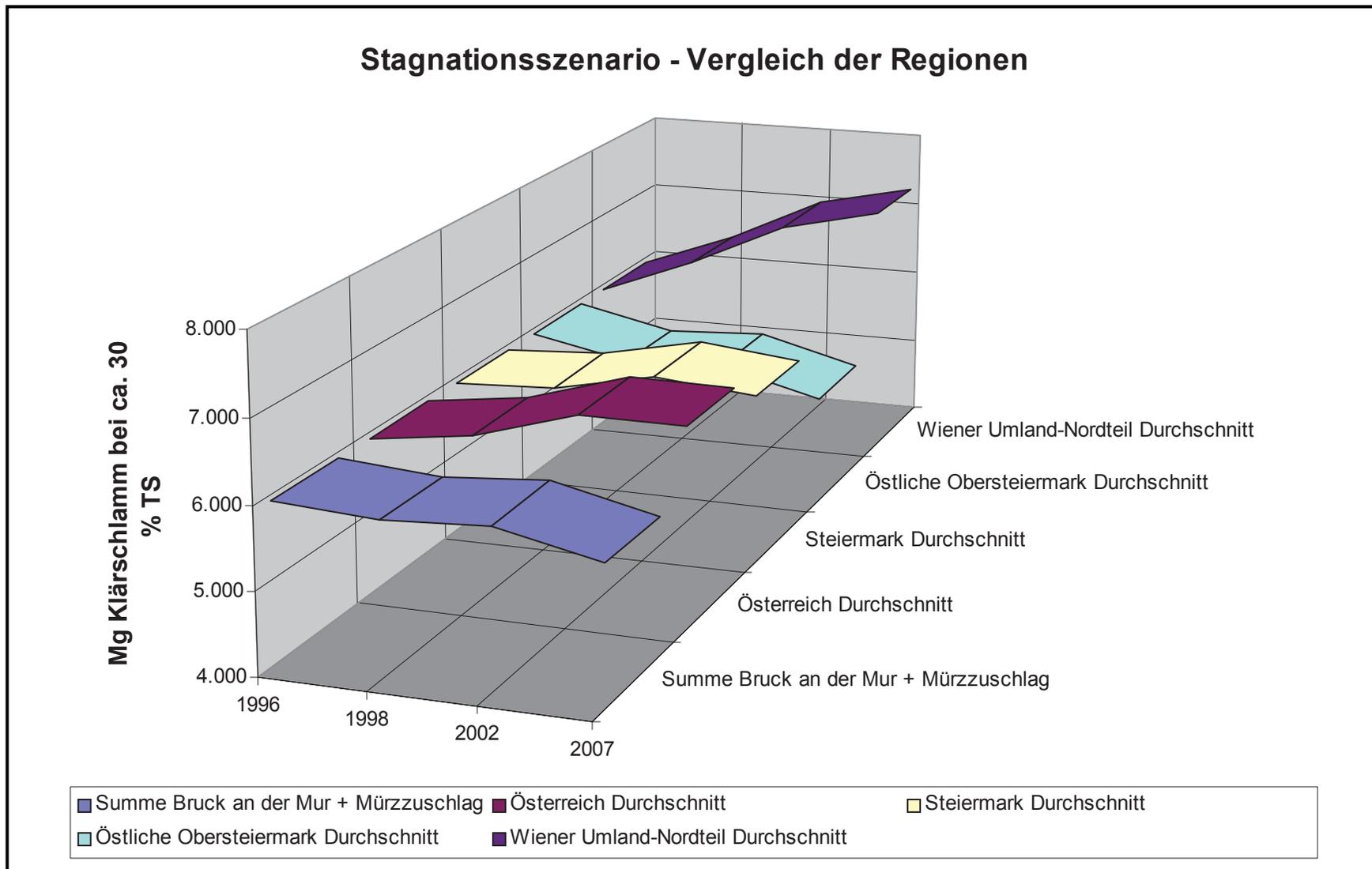


Abbildung A 5: Entwicklung der Klärschlammengen nach dem Stagnationsszenario

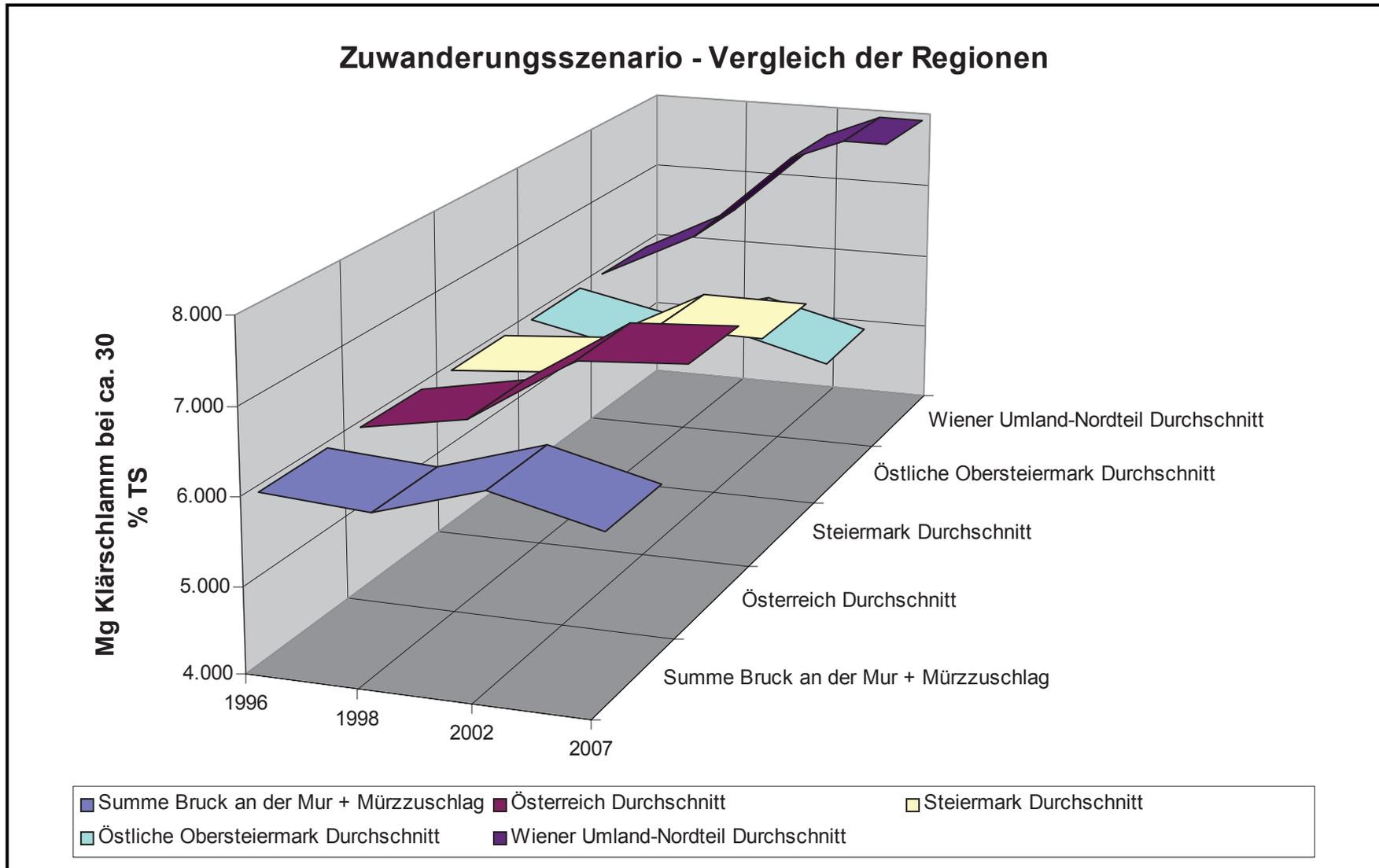


Abbildung A 6: Entwicklung der Klärschlammengen nach dem Zuwanderungsszenario

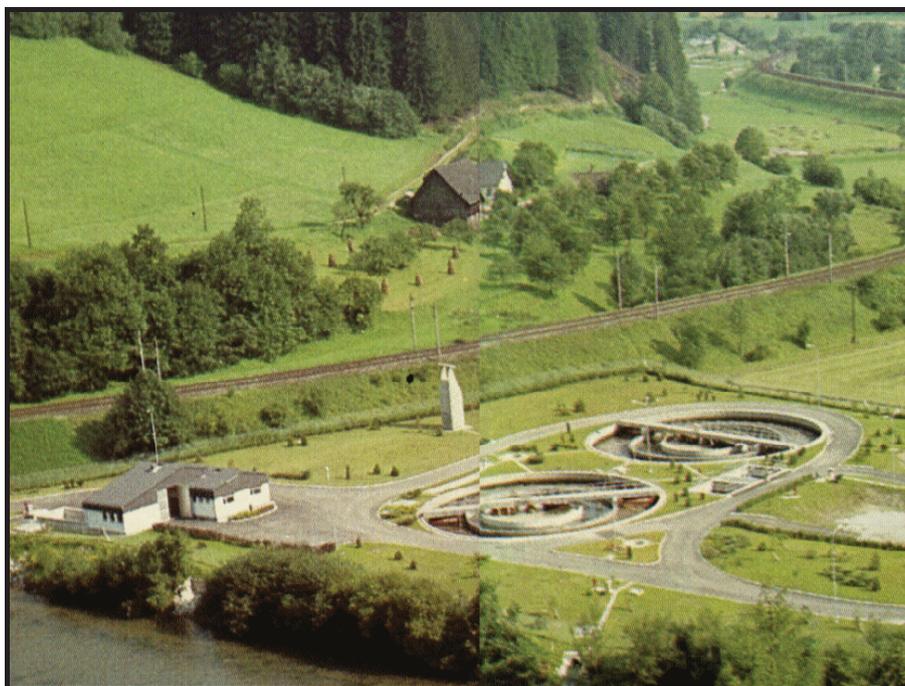
Anhang B

Photodokumentation

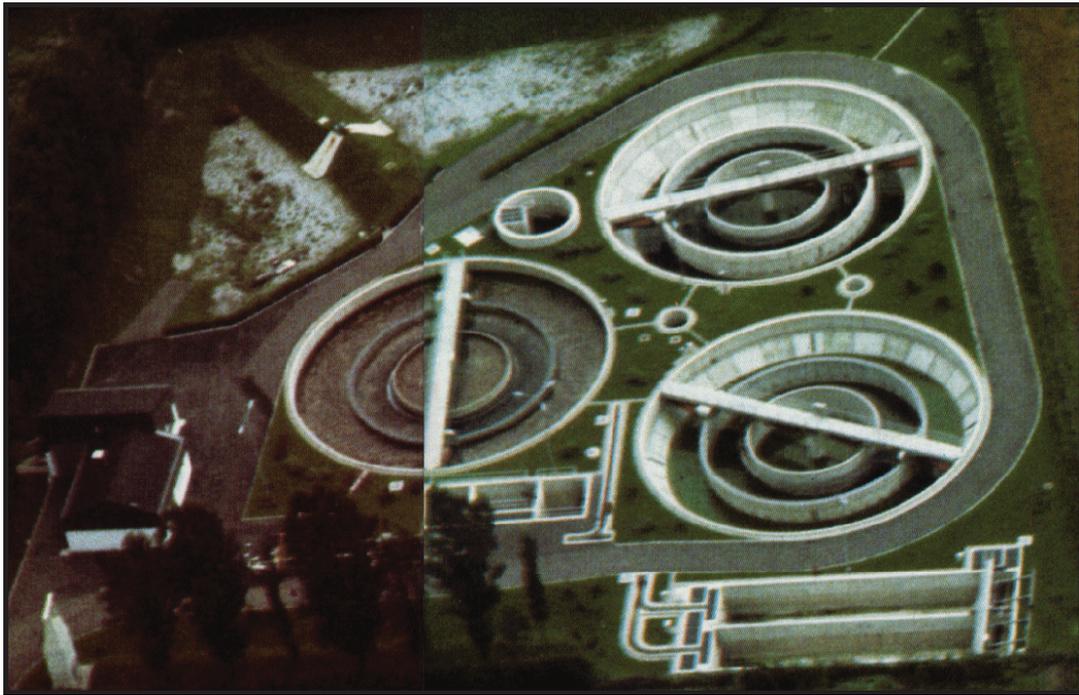
I. Kläranlagen des Mürzverbands



Kläranlage Mürz I (Langenwang)



Kläranlage II (Wartberg) vor dem ersten Umbau



Kläranlage Mürz III (St. Marein)



Kläranlage Mürz IV (Kapfenberg) vor dem Umbau

II. Typischer Klärschlamm im Verbandsgebiet

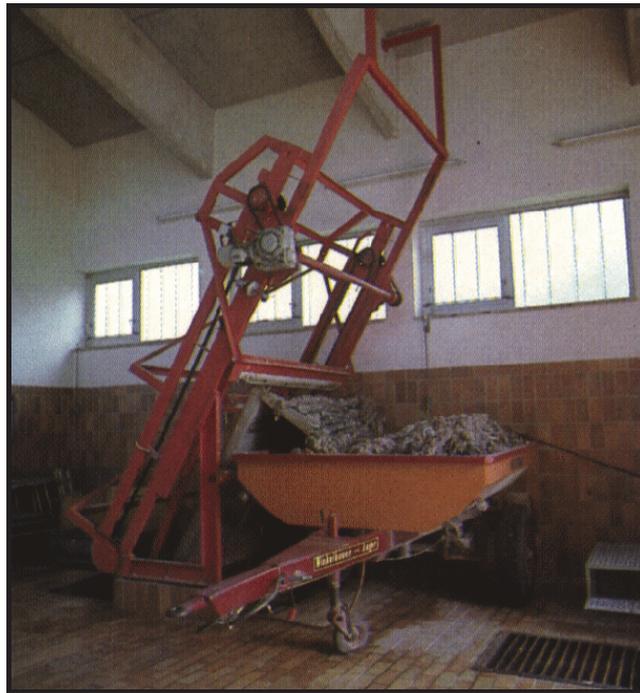


Klärschlamm bei der Anlieferung in Allerheiligen



Klärschlamm auf der Kläranlage Mürz IV (Kapfenberg)

III. Kläranlagenbauteile



Rechen im Zulauf



Sandfang



Klärblock mit Sandfang im Hintergrund in Mürz II (Wartberg)



Klärblock mit Belebungsbecken, Nachklärbecken und Schlammstabilisierung (von Außen nach Innen)



Räumerbrücke mit Mammutrotoren



Mobile Kammerfilterpresse

IV. Umbauarbeiten in Mürz IV (Kapfenberg)



Aushub des Fundaments in Mürz IV (Kapfenberg)



Faultürme im Bau in Mürz IV (Kapfenberg)



Faultürme im Bau in Mürz IV (Kapfenberg)



Fertiger Faulturm in Mürz IV (Kapfenberg)