



ALLGEMEINE KRITERIEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE KLÄRSCHLAMMBEHANDLUNG UND – VERWERTUNG IN KLEINREGIONEN



MAI 2010

INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorbemerkungen und Aufgabenstellung	3
2	Gesetzliche Grundlagen	4
2.1	Bundesgesetze.....	4
2.2	Landesgesetze	4
2.2.1	NÖ Klärschlammverordnung	4
2.2.2	NÖ Bodenschutzgesetz	4
2.2.3	Begriffsbestimmungen.....	5
2.2.4	Voraussetzung für die Aufbringung	6
2.2.5	Grenzwerte für die Nutzung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau.....	8
2.2.6	Mögliche Ursachen für Grenzwertüberschreitungen	9
2.2.7	Maßnahmen zur Verbesserung der Klärschlammqualität	9
3	Verwertungsmöglichkeiten	10
3.1	Landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung im Landschaftsbau	10
3.1.1	Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen	10
3.1.2	Kompostierung von Klärschlamm	11
3.2	Verbrennung von Klärschlamm.....	13
4	Klärschlammmentwässerung	17
4.1	Naturnahe Verfahren zur Eindickung	17
4.1.1	Schlammspeicher	17
4.1.2	Klärschlammvererdung.....	17
4.2	Maschinelle Entwässerung	21
4.2.1	Schneckenpresse	22
4.2.2	Siebbandpresse	23
4.2.3	Zentrifuge.....	23
4.2.5	Filtersackentwässerung	24
4.3	Klärschlamm-trocknung.....	25
4.3.1	Allgemeine Beschreibung und Prinzipien der Trocknung.....	25
4.3.2	Verfahren der maschinellen Klärschlamm-trocknung.....	26
4.3.2	Trocknungshallen	28
5	Festlegung von Untersuchungsregionen.....	30
5.1	Klärschlammqualität	30
5.2	Klärschlammtransport	30
5.3	Klärschlammverwertung.....	30
5.4	Ausbaugröße der Kläranlagen	31
5.5	Nutzung günstiger Energiequellen zur Trocknung.....	31
5.6	Bereitschaft der Kläranlagenbetreiber	31
5.7	Empfehlungen für die Abgrenzung von Entsorgungsbereichen	31
6	Variantenidentifikation	32
6.1	Grundlagenerhebung	32
6.2	Variante-Definition.....	33
6.2.1	Landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung im Landschaftsbau.....	33
6.2.2	Thermische Verwertung.....	36
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	38
7.1	Verwertung des Klärschlammes	38
7.2	Regionale Klärschlammbehandlung	38
7.3	Kosten der Klärschlammbehandlung und -verwertung	40
7.4	Zusammenfassende Feststellung	40
A.1	Anhang 1	41
	Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung	41
A.1.1	Allgemeine Annahmen	42
A.1.2	Wirkung einzelner Anlagenteile.....	42
A.1.3	Kostenfunktionen.....	43

A.1.3.1	Schlamm Speicher	44
A.1.3.2	Vererdung	46
A.1.3.3	Maschinelle Entwässerung	49
A.1.3.4	Lohnentwässerung	54
A.1.3.5	Nachlagerung mit Wendeeinrichtung	55
A.1.3.6	Kompostierung.....	56
A.1.3.7	Solare Trocknung	57
A.1.3.8	Transportkosten.....	58

ALLGEMEINE KRITERIEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE KLÄRSCHLAMMBEHANDLUNG UND – VERWERTUNG IN KLEINREGIONEN

1 Vorbemerkungen und Aufgabenstellung

Die Ingenieurbüros Hydro Ingenieure Umwelttechnik GmbH und Henninger & Kainz GmbH wurden vom Amt der NÖ Landesregierung Abt. WA4 mit der Erstellung eines Klärschlammkonzeptes für die Region „Nördliches Waldviertel“ beauftragt. Unter Zugrundelegung der gewonnenen Erfahrungen sollen darüber hinaus allgemein anwendbare Kriterien und Empfehlungen zur Verfassung von Klärschlammkonzepten in Kleinregionen abgeleitet werden.

Zielsetzung des Projektes ist, dass aufbauend auf einer durchzuführenden Grundlagenerhebung über die bestehende Behandlung und Verwertung mehrerer Kläranlagen in einer Region alternative Möglichkeiten aufgezeigt werden, die insbesondere eine gemeinschaftliche optimierte Nutzung bestehender Anlagenteile und eine gemeinschaftliche Verwertung des Schlammes vorsehen.

Neben den einzelnen Möglichkeiten zur Klärschlammkonditionierung sollen Empfehlungen zur Abgrenzung und Beschaffenheit von Projektgebieten gegeben werden, sowie eine allgemein anwendbare Herangehensweise zur Variantenidentifikation erarbeitet werden.

Darüber hinaus sollen als Basis für konkrete Wirtschaftlichkeitsberechnungen Datenblätter für die einzelnen Maßnahmen erstellt werden, die neben den Investitionskosten auch die Betriebskosten enthalten.

Der ggst. Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

Die ersten Kapitel geben einen Überblick über die gesetzlichen Bestimmungen sowie die unterschiedlichen Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten des Klärschlammes.

In weiteren Abschnitten werden die Empfehlungen zur Gebietsabgrenzung und Variantenidentifikation gegeben. Am Ende des Berichtes werden die wesentlichsten Inhalte zusammengefasst und allgemeine Schlussfolgerungen gezogen.

2 Gesetzliche Grundlagen

Nachfolgend eine Auflistung von Bundes- und Landesgesetzes, die vom Thema Klärschlamm berührt werden:

2.1 Bundesgesetze

Die nachfolgende Auflistung der Bundesgesetze stellt das Ergebnis einer RIS-Abfrage (Rechtsinformationssystem) zum Suchwort Klärschlamm dar. Die Liste wurde um die Abfallverzeichnis VO ergänzt.

Die fett gedruckten Gesetze befassen sich intensiv mit dem Thema Klärschlamm.

1. Abfallnachweisverordnung 2003
2. AEV Deponiesickerwasser
3. Altlastensanierungsgesetz
4. Betriebliche Förderungsmaßnahmen – ökologische Mindestkriterien
5. Düngemittelgesetz 1994
6. Emissionskatasterverordnung
7. EU-Beitrittsvertrag – Akte
8. EWR-Abkommen
9. Festsetzungsverordnung gefährliche Abfälle
10. Forstgesetz 1975
11. Grundwasserswellenwertverordnung
12. Interventionsverordnung
- 13. Kompostverordnung**
14. KWK - Gesetz
15. Ökostromgesetz
16. Strahlenschutzgesetz
17. Übereinkommen zum Schutz der Alpen (Alpenkonvention)
18. Überwachungs- Berichterstattungs- und Prüfungsverordnung
19. Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz
- 20. Wasserrechtsgesetz 1959 samt Verordnungen**
21. Wasserstraßen-Verkehrsordnung
22. AbfallverzeichnisVO BGBl. II 570/2003

2.2 Landesgesetze

2.2.1 NÖ Klärschlammverordnung

Von der NÖ Klärschlammverordnung werden folgende Bestimmungen abgedeckt:

- § 1 Verträglichkeitgutachten - Untersuchungsparameter
- § 2 *Verträglichkeitgutachten – Untersuchungsintervalle*
- § 3 Verträglichkeitgutachten – zulässige Grenzwerte
- § 4 Unbedenklichkeitszeugnis – Untersuchungsparameter
- § 5 Unbedenklichkeitszeugnis – zulässige Grenzwerte
- § 6 Unbedenklichkeitszeugnis - Untersuchungsintervalle
- § 7 Aufbringungsbeschränkungen
- § 8 Schlagkartei
- § 9 Lieferschein
- § 10 *Klärschlammregister*
- § 11 *Umgesetzte EG-Richtlinien*
- § 12 Inkrafttreten

2.2.2 NÖ Bodenschutzgesetz

Ziel des NÖ Bodenschutzgesetzes ist, die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und die Bodengesundheit aller nicht unter das Forstgesetz 1975, BGBl.Nr. 440/1975 in der Fassung BGBl. I Nr. 83/2004, fallenden Böden zu erhalten und zu verbessern insbesondere durch:

- Schutz vor Schadstoffbelastungen

- Verhinderung von Bodenerosion und Bodenverdichtung
- Erhaltung eines standortstypischen Bodenzustandes

2.2.3 Begriffsbestimmungen

Begriff	Definition	Grundlage
Kommunale Klärschlämme	Schlamm aus kommunalen Abwasseranlagen	Kompostverordnung BGBl. II 292. Verordnung Jahrgang 2001; Teil 2 Ausgangsmaterialien für Kompost und Qualitätsklärschlammkompost Tabelle 2
Klärschlamm	<p>Klärschlamm ist der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserreinigungsanlagen anfallende Schlamm, auch wenn er zum Zwecke der Hygienisierung, Stabilisierung, Entwässerung und Verdünnung mit anderen Stoffen vermischt wurde. <i>Im Zuge der Reinigung von Abwässern aus der ausschließlichen Verarbeitung landwirtschaftlicher Rohstoffe anfallende Substrate fallen nicht unter diesen Begriff.</i></p> <p>Klärschlamm ist der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen bzw. in zugehörigen Anlagen zur weitergehenden Abwasserreinigung anfallende Schlamm, auch entwässert oder getrocknet oder in sonstiger Form behandelt. Kommunaler Klärschlamm ist Klärschlamm, welcher aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen stammt.</p>	<p>NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG)</p> <p>www.abfallwirtschaft.steiermark.at</p>

Klärschlamm – Abfallverzeichnis entsprechend der Abfallverzeichnisverordnung in der Fassung der Verordnung BGBl. II Nr. 498/2008

Die Zuordnung eines Abfalls hat zu jener Abfallart zu erfolgen, die den Abfall in seiner Gesamtheit am besten beschreibt. Dabei sind die Herkunft sowie sämtliche stoffliche Eigenschaften des Abfalls einschließlich möglicher gefahrenrelevanter Eigenschaften zu berücksichtigen. Für Klärschlämme bestehen u.a. die folgenden Zuordnungsmöglichkeiten:

SN	Abfallbezeichnung	Hinweise und Anmerkungen
922	Weitere Abfälle für die biologische Verwertung, ausschließlich pflanzlicher Herkunft und kommunale Klärschlämme	
SNR 92201	Kommunale Qualitätsklärschlämme	Qualitätsanforderungen zur Herstellung von Qualitätsklärschlammkompost gemäß Anlage 1 Teil 2 der Kompostverordnung; Materialien, die nach der Kompostverordnung für die Herstellung von Kompost geeignet sind.
SNR 92212	Kommunale Klärschlämme	Qualitätsanforderungen zur Herstellung von Kompost aus Klärschlamm gemäß Anlage 1 Teil 2 der Kompostverordnung; Materialien, die nach der Kompostverordnung für die Herstellung von Kompost geeignet sind.
943	Nichtstabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung, soweit sie nicht in anderen Positionen enthalten sind (Rohschlamm, Frischschlamm)	
94301	Vorklärschlamm (nicht gefährlich kontaminiert)	Auch zur Herstellung von Müllkompost gem. Kompostverordnung

94302	Überschussschlamm aus der biologischen Abwasserbehandlung (nicht gefährlich kontaminiert)	Auch zur Herstellung von Müllkompost gem. Kompostverordnung
94303	Fäkalschlamm aus Hauskläranlagen und Sammelgruben (nicht gefährlich kontaminiert)	
945	stabilisierte Schlämme aus der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung, soweit sie nicht in anderen Positionen enthalten sind	
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm)	Nicht zu verwenden für Schlamm zur Kompostierung entsprechend den Qualitätsanforderungen gem. Kompostverordnung
94502	Aerob stabilisierter Schlamm	
948	Schlämme aus der Abwasserbehandlung	
94801	Schlamm aus der Abwasserbehandlung, mit gefährlichen Inhaltsstoffen	<u>Soweit er nicht in anderen Positionen enthalten ist</u>
94804	Schlamm aus der Abwasserbehandlung, ohne gefährliche Inhaltsstoffe	<u>Soweit er nicht in anderen Positionen enthalten ist, nicht zu verwenden für Schlamm zur Kompostierung entsprechend den Qualitätsanforderungen gem. Kompostverordnung</u>
951	Fäkalien aus Sammelgruben	
95101	Fäkalien	

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf folgende Schlüsselnummern: 92201, 92212, 94302,

2.2.4 Voraussetzung für die Aufbringung

Die Aufbringung von Klärschlamm auf Böden ist im NÖ Bodenschutzgesetz und in der NÖ Klärschlammverordnung geregelt.

Nachfolgend sind die für die Aufbringung von Klärschlämmen bedeutendsten Gesetzesstellen zitiert.

Auszug NÖ Bodenschutzgesetz § 7

Voraussetzungen für die Aufbringung von Klärschlamm, Kompost, sowie Abwässern und Rückständen aus der Wein- und Obstbereitung

(1) Klärschlamm darf auf Böden nur dann aufgebracht werden, wenn

1. die Aufbringung durch den Eigentümer oder durch den Nutzungsberechtigten oder eine vom Eigentümer bzw. Nutzungsberechtigten beauftragte Person bzw. beauftragtes Unternehmen erfolgt;
2. das Aufbringungsgrundstück zur Aufbringung von Klärschlamm geeignet und die Eignung durch ein Gutachten (Abs. 3) nachgewiesen ist;
3. der Klärschlamm zur Aufbringung auf Böden geeignet und die Eignung durch ein Unbedenklichkeitszeugnis (Abs. 4) nachgewiesen ist;
4. die Bepflanzung oder Benutzung des Aufbringungsgrundstückes die Aufbringung von Klärschlamm erlaubt;
5. sich auf dem Aufbringungsgrundstück keine Gemüse-, Speisekartoffel-, Heilkräuter- oder Beerenobstkulturen befinden;
6. die Aufbringung auf Wiesen oder Weiden oder im Feldfutterbau erst nach der jeweiligen Nutzung erfolgt;
7. die Aufbringung nicht auf Böden in Hanglage mit Abschwemmungsgefahr oder auf durchnässte, schneebedeckte oder tiefgefrorene Böden erfolgt.

(2) In Nationalparks, Naturschutzgebieten, in Naturdenkmälern mit Flächenbezug, in verkarsteten Gebieten, auf Mooren und auf Trockenrasen bzw. auf Teilflächen der aufgezählten Flächen ist die Aufbringung von Klärschlamm, Kompost sowie Abwässern und Rückständen aus der Wein- und Obstbereitung in dem Ausmaß verboten, in dem auch sonstige landwirtschaftliche Düngemaßnahmen naturschutzrechtlich eingeschränkt sind.

(3) Vor dem erstmaligen Aufbringen von Klärschlamm hat der Betreiber der Anlage ein Gutachten über die Verträglichkeit des Aufbringungsgrundstückes einzuholen. Der Eigentümer oder Nutzungsberechtigte muss der Einholung des Gutachtens zustimmen. Das Gutachten muss von einer staatlich akkreditierten oder autorisierten Untersuchungsanstalt, einem einschlägigen Universitätsinstitut, einem Ziviltechniker oder einem gerichtlich beeideten Sachverständigen entsprechender Fachgebiete (z.B. Landwirtschaft, Technische Chemie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft) stammen und hat eine Aussage darüber zu enthalten, ob und in welchem Maß der Boden den zur Düngung vorgesehenen Klärschlamm verträgt, welche Höchstmengen demnach aufgebracht werden dürfen und welche Aufbringungsintervalle eingehalten werden müssen. Das Gutachten ist dem Eigentümer oder Nutzungsberechtigten nachweislich zuzustellen.

(4) Der Betreiber der Anlage hat von einer staatlich akkreditierten oder autorisierten Untersuchungsanstalt, einem einschlägigen Universitätsinstitut, einem Ziviltechniker oder einem gerichtlich beeideten Sachverständigen entsprechender Fachgebiete (z.B. Landwirtschaft, Technische Chemie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft) ein Unbedenklichkeitszeugnis einzuholen, das bei der Abgabestelle zur Einsichtnahme aufzulegen ist. Dieses Zeugnis hat Angaben über die Beschaffenheit des Klärschlammes, insbesondere über die Werte und Anteile von Schadstoffen und darüber zu enthalten, ob die in der Klärschlammverordnung (§ 8) angeführten Grenzwerte überschritten werden.

(5) Jeweils eine Ausfertigung des Gutachtens gemäß Abs. 3 und des Unbedenklichkeitszeugnisses gemäß Abs. 4 ist der zuständigen Bezirksverwaltungsbehörde vorzulegen.

(6) Abwässer sowie Rückstände aus der Wein- und Obstbereitung dürfen nur dann aufgebracht werden, wenn die Aufbringung durch den Eigentümer oder durch den Nutzungsberechtigten oder durch von diesen beauftragte Personen oder Unternehmen erfolgt; keine Stoffe enthalten sind, die zu einer Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit und der Bodengesundheit führen; die Aufbringung nicht auf Böden in Hanglage mit Abschwemmgefahr oder auf durchnässte, schneebedeckte oder tiefgefrorene Böden erfolgt.

(7) Kompost darf auf Böden nur dann aufgebracht werden, wenn der Kompost nach der Kompostverordnung, BGBl. II Nr. 292/2001, hergestellt wurde; die Aufbringung nach den Anwendungsempfehlungen der Kompostverordnung erfolgt.

(8) Klärschlämme und Komposte dürfen nur unter Anwendung eines vom Anlagenbetreiber festgelegten Qualitätssicherungssystems in Anlehnung an Anlage 3 Teil 3 der Kompostverordnung aufgebracht werden, das zumindest folgende Punkte beinhaltet:

1. Ausgangsmaterialien;
2. Verarbeitungs- bzw. Aufbereitungsprozesse;
3. Endprodukte;
4. Anwendungen;
5. nachvollziehbare Dokumentation zu den Z. 1. bis 4.

(9) Die Landesregierung kann durch Verordnung unter Bedachtnahme auf den Stand der Technik im Sinne der Zielsetzung dieses Gesetzes Bestimmungen erlassen über Art der für das Qualitätssicherungssystem notwendigen

1. Aufzeichnungen;
2. Umfang der erforderlichen Aufzeichnungen;
3. Anerkennungsverfahren des Qualitätssicherungssystems;
4. Prüfverfahren durch Externe und deren Eignung.

Auszug NÖ Klärschlammverordnung § 7 Aufbringungsbeschränkungen

Aufbringungsbeschränkungen

(1) Die Aufbringung von Klärschlamm auf **Böden**, die nach dem Schema der Bodeneignungsklassen als **ungeeignet** eingestuft sind, ist verboten.

(2) Die Aufbringung von Klärschlamm auf Böden hat grundsätzlich **so zu erfolgen**, dass eine Gefährdung der Fruchtbarkeit des Bodens und der Bodengesundheit, der Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze nicht zu besorgen ist und die Aufbringung nach Art, Menge und Zeit auf den Nährstoffbedarf der Pflanzen unter Berücksichtigung der im Boden verfügbaren Nährstoffe und organischen Substanzen sowie der Standort- und Anbaubedingungen ausgerichtet wird.

(3) Die Aufbringungsmengen sind von der Klärschlammqualität, der Bodeneignungsklasse und der Bodennutzung (landwirtschaftlich – nicht landwirtschaftlich) abhängig. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Zahlen für **Ackerland** beziehen sich auf Tonnen Trockensubstanz pro Hektar und einen Zeitraum von 12 Monaten. Die in Klammer angeführten Zahlen sind jene Mengen, die innerhalb von 24 Monaten aufgebracht werden können. Klärschlamm der Klasse I kann unter Einhaltung der Bestimmungen des Abs. 2 und wasserrechtlicher Vorschriften mengenmäßig unbegrenzt aufgebracht werden.

Klärschlammqualität	Bodeneignungsklassen			
	sehr gut geeignet	mittel geeignet	bedingt geeignet	ungeeignet
Klasse II	3 (6) to TS/ha	3 (6) to TS/ha	3 to TS/ha	0* to TS/ha

* Ausbringung nicht zulässig.

Für Grünland gelten 50 % der für Ackerland zugelassenen Mengen. Auf nicht landwirtschaftliche Böden dürfen innerhalb von 10 Jahren maximal 30 t TS/ha aufgebracht werden.

(4) Die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Böden darf nur **bedarfsgerecht** (nährstoffbezogen)

- auf Mais- und Sonnenblumenkulturen vor oder nach der Aussaat bis zu einer Wuchshöhe von maximal 30 cm,
- bei Getreide bis vor dem Schossen,
- auf Grünland nach der letzten Mäh- oder Weidenutzung,
- in allen übrigen Fällen vor der Aussaat erfolgen.

(5) Wird Klärschlamm auf Böden aufgebracht, dann dürfen innerhalb der betreffenden Vegetationsperioden **andere Düngestoffe** zusätzlich nur dann aufgebracht werden, wenn diese Düngegaben bedarfsgerecht bemessen sind.

2.2.5 Grenzwerte für die Nutzung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau

Um Klärschlamm landwirtschaftlich oder im Landschaftsbau verwerten zu können müssen die Grenzwerte der Bundeskompost- und der NÖ - Klärschlammverordnung eingehalten werden. Folgende Tabellen zeigen die Untersuchungsparameter mit den dazugehörigen Grenzwerten.

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Grenzwerte gemäß NÖ Klärschlamm-VO für Klasse II	
Blei	Pb	mg/kg TS	100	
Cadmium	Cd	mg/kg TS	2	
Chrom Gesamt	Cr	mg/kg TS	70	
Kupfer	Cu	mg/kg TS	300	
Nickel	Ni	mg/kg TS	60	
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	2	
Zink	Zn	mg/kg TS	1500	
Abs. org. Halogenverb.	AOX	mg/kg TS	500	

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Grenzwerte gemäß Bundeskompost-VO	
			2b (Kompost)	2c(Q-komp.)
Blei	Pb	mg/kg TS	200	100
Cadmium	Cd	mg/kg TS	3	2
Chrom Gesamt	Cr	mg/kg TS	300	70
Kupfer	Cu	mg/kg TS	500	300
Nickel	Ni	mg/kg TS	100	60
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	5	2
Zink	Zn	mg/kg TS	2000	1200
Abs. org. Halogenverb.	AOX	mg/kg TS	500	500

Die Grenzwerte der NÖ - Klärschlammverordnung und der Bundeskompostverordnung Spalte 2c (Qualitätskompost) sind identisch bis auf den Grenzwert für Zink.

Die rechtliche Grundlage auf europäischer Ebene ist die **Klärschlammrichtlinie** aus dem Jahr 1986. Die darin enthaltenen Grenzwerte für Klärschlämme werden mittlerweile in allen relevanten Mitgliedsstaaten der Europäischen Union deutlich unterschritten. An der Novellierung der Richtlinie wird seit 1999 gearbeitet. 2007 hätte der Novellierungsentwurf vorgelegt werden sollen. Bis dato liegt dieser Entwurf jedoch nicht vor.

Die bislang bekannten Grenzwertvorschläge sehen folgende Grenzwerte in mg/kg TS vor:

Schwermetalle	86/278/EWG Richtl.	Vorschlag	Zielwert mittelfristig	Zielwert langfristig
Kadmium	20 – 40	10	5	2
Kupfer	1000 – 1750	1.000	800	600
Quecksilber	16 – 25	10	5	2
Nickel	300 – 400	300	200	100
Blei	750 – 1200	750	500	200
Zink	2500 – 4000	2.500	2.000	1.500
Chrom	---	1.000	800	600

2.2.6 Mögliche Ursachen für Grenzwertüberschreitungen

Die Belastung des Klärschlammes mit Schwermetallen ist auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen. In der Literatur werden häufig die Industrie und das Gewerbe als typischer Verursacher genannt.

Für überhöhte Kupferwerte im Klärschlamm zeigen Untersuchungen, dass nicht nur Industrie und Gewerbe sondern auch der Verkehr, Regenwasser (bei Mischsystemen) und auch das Trinkwasser als Hauptquellen zu nennen sind.

Speziell in Einzugsgebieten mit Trinkwasser niedriger Härte und hoher freier aggressiver Kohlensäure, die über keine Wasseraufbereitungsanlagen verfügen, sind im Klärschlamm häufig überhöhte Kupferwerte anzutreffen. Bei Stagnation kommt es im Versorgungssystem zu starker Beton- und Leitungskorrosion durch freie Kohlensäure. Insbesondere Kupferleitungen und Messing-Armaturen werden offensichtlich stark angegriffen. Kupfer und Zink reichern sich in weiterer Folge im Klärschlamm an.

Ein Gutachten der NÖ Umweltschutzanstalt aus dem Jahre 1998, in dem die Trinkwasserqualität der KG Mühlbach (MG Bad Großpertholz) in Hinblick auf die Schwermetallbelastung nach Stagnation und Betrieb untersucht wurde, bewies, dass eine signifikante Steigerung vor allem der Cu-Konzentration im Trinkwasser unter oben genannten Voraussetzungen nachweisbar war. Mit dem erhöhten Kupferwert ist zumeist auch ein erhöhter Zinkwert zu beobachten.

2.2.7 Maßnahmen zur Verbesserung der Klärschlammqualität

Die Belastung des Klärschlammes mit Schwermetallen zufolge Industrie und Gewerbe nimmt tendenziell ab, zumal die Auswirkungen der Umsetzung der diversen Emissionsverordnung Wirkung zeigen.

Der Eintrag von Schwermetallen durch Regenwässer in das Abwasser und in weiterer Folge in den Klärschlamm ist in Trennsystemen von untergeordneter Bedeutung und kann meistens ausgeschlossen werden. In Einzugsgebieten mit Mischsystemen können gegen diese Eintragsquelle kaum oder nur langfristige Vorkehrungen getroffen werden.

Speziell dort, wo das Trinkwasser als Hauptursache für überhöhte Kupfer- und Zinkwerte als Hauptverursacher identifiziert werden kann, könnte durch die Errichtung einer Entsäuerungsanlage Abhilfe schaffen. Dies ist jedoch in Einzugsbereichen problematisch, in denen noch Hausbrunnen vorherrschen.

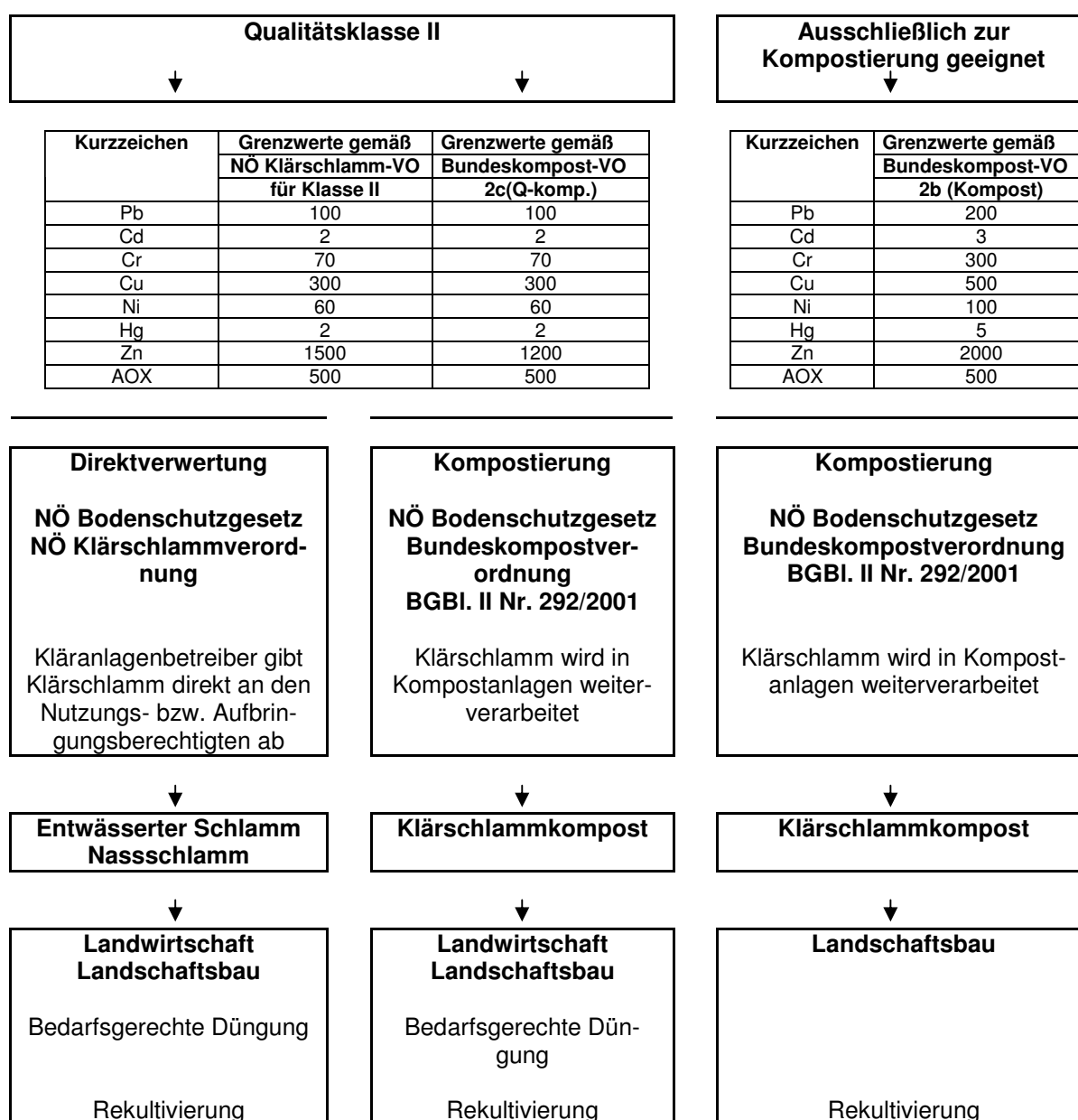
3 Verwertungsmöglichkeiten

3.1 Landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung im Landschaftsbau

In der Landwirtschaft wird Klärschlamm als Bodenverbesserungsmittel und zu Düngezwecken eingesetzt. Zu den verwertbaren Bestandteilen des Klärschlammes zählen Stickstoff, Phosphor, Kalzium, Magnesium und Kalium.

In der Landwirtschaft darf ausschließlich Kompost aus Klärschlamm gem. Tab. 2c oder Klärschlamm, der der Güteklasse II der NÖ Klärschlamm-VO entspricht, verwendet werden. Kompost gem. Tab. 2b darf auch im Landschaftsbau verwendet werden.

Die nachstehende Übersicht ist der Broschüre „Klärschlammverwertung in Niederösterreich“, Stand 2005; Verfasser Amt der NÖ Landesregierung entnommen. Sie gibt, unter Hinweis auf die wichtigsten Gesetze und Grenzwerte, einen Überblick über die Verwertungsmöglichkeiten des Schlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau.



3.1.1 Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen

Bei der Aufbringung des Klärschlammes auf landwirtschaftliche Flächen gibt es folgende Möglichkeiten:

- Nassaufbringung (TS-Gehalt $\leq 5\%$)
- Aufbringung von entwässertem Schlamm (TS-Gehalt $> 5\% \leq 30\%$)
- Aufbringung von Klärschlamm aus Vererdungsanlagen (TS-Gehalt zwischen 15 - 40%)

3.1.2 Kompostierung von Klärschlamm

3.1.2.1 Allgemeine Beschreibung

Die Kompostierung ist ein aerober Vorgang, bei welchem organische Substanz durch Mikroorganismen zu humusbildenden Substanzen abgebaut wird.

Einfluss auf den Kompostiervorgang haben Nährstoffverhältnis, Wassergehalt, Sauerstoffversorgung, Temperatur und pH-Wert.

Die Heißrotte ist durch eine intensive bakterielle Abbautätigkeit mit Anstieg der Temperatur auf 70 – 80 °C gekennzeichnet. Danach verlangsamen sich die Stoffwechsellätigkeiten. Die mikrobiellen Lebensgemeinschaften verlagern sich auf Myceten und Pilze.

In der Nachrotte findet die Humifizierung statt. Das Ergebnis ist fertiger Kompost.

Bei der fachgerechter Kompostierung von Klärschlamm bleiben die Nährstoffe des Klärschlammes im Kreislauf enthalten und es ergibt sich eine Hygenisierung des Klärschlammes.

Kompost gem. Anlage 1 Teil 2 Tab. 2b der Kompostverordnung (BGBl.II 292/2001) darf ausschließlich im Landschaftsbau verwendet werden. Für die Aufbringung von Klärschlammkompost auf landwirtschaftlich genutzten Flächen muss der für die Kompostherstellung eingesetzte Klärschlamm den Grenzwerten gem. Anlage 1 Teil 2 Tabelle 2c der Kompostverordnung entsprechen.

Folgende Tabelle zeigt die Vor- und Nachteile bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Klärschlammkompost.

Kriterium	Vorteile	Nachteile/Risiken
Kreislaufwirtschaft	Im Klärschlamm enthaltene Nährstoffe (vor allem Stickstoff und Phosphor) werden den Böden zugeführt. Positive Auswirkung auf den Humusgehalt im Boden.	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbringung nur beschränkt möglich; • Mögliche Anreicherung von Schwermetallen (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn) • Eintrag von organischen Verbindungen (Holzschutz-, Pflanzenschutzmittel, PCB, Halogenverbindungen, ...) • Ausbreitung von Human-, Tier oder Pflanzenpathogenen (Hormone, Arzneimittel, Antibiotika, Prionen (BSE))
Transportwege	Kurze Transportwege	Bei Nassverfuhr, große Mengen
Landwirt	Einsparung von Düngemittel	<ul style="list-style-type: none"> • Einschränkungen betreffend die Teilnahme an Agrar-Umweltprogrammen • Mögliche Vermarktungseinschränkungen

3.1.2.2 Anlagenteile

Für den Betrieb eines Kompostplatzes sind unterschiedliche Teilflächen erforderlich.

- Anlieferbereich
- Heißrotte
- Nachrotte
- Fertigkompostlager
- Manipulationsflächen
- Sickerwasserspeicher

Weiters können Nebenanlagen wie

- Umzäunung
- Brückenwaage
- Betriebsgebäude
- Sichtschutzdamm
- Versickerungsmulden für Regenwässer auf unbelastete Teilflächen
- Wege und Verkehrsanbindung

erforderlich sein.

Die Größe der Anlage hängt von den zu verarbeitenden organischen Rohstoffen ab. In ggst. Studie wird von der Kompostierung von Klärschlamm ausgegangen, wobei als Strukturmaterial in erster Linie Stroh herangezogen werden soll. In untergeordneten Mengen können auch Baum- und Strauchschnitt oder andere Ernterückstände verarbeitet werden. Ausdrücklich von der Kompostierung ausgenommen sind Bioabfälle aus Haushalten, da hierzu im Regelfall zusätzliche Vor- oder Nachbehandlungseinrichtungen (Siebe, ...) erforderlich sind.

Klärschlamm kann nur gemeinsam mit anderen kompostierfähigen Ausgangsstoffen zu Kompost verarbeitet werden. Kompostanlagen, die vorwiegend Klärschlamm verarbeiten, verwenden als Strukturmaterial z.B. Stroh. Das Mischungsverhältnis liegt etwa bei 5 : 1 (massebezogen)

Die Rottezeiten unterscheiden sich nicht von jenen der Kompostierung anderer organischer Abfälle und betragen je nach Anlagentechnologie und klimatischen Bedingungen und Jahreszeit 8 – 12 Wochen für die Hauptrotte und 4 bis 6 Wochen für die Nachrotte.

Die einzelnen Teilflächen auf Kompostanlagen setzen sich näherungsweise wie folgt zusammen. Je kleiner die Anlage, desto größer der prozentuelle Anteil des Anlieferbereiches und der Verkehrsfläche.

Anlagenteil	Fläche
Anlieferbereich	14%
Heißrotte	40%
Nachrotte	29%
Fertigkompostlager	9%
Verkehrsfläche	8%

Unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Heißrottezeit von 10 Wochen und einer Nachrottezeit von 5 Wochen und Berücksichtigung einer 10-wöchigen Betriebunterbrechung während der Wintermonate bei der Verwendung von üblichen Mieten (z.B. Dreiecksmiete 2,25 m²) beträgt der **Flächenbedarf** für die Klärschlammkompostierung mit Stroh rd. **0,15 m²/EGW**. (entspricht: 6 – 7 EGW/m²)

Die eigenständige Klärschlammkompostierung wird **ab einer Größenordnung von 5.000 EGW** als sinnvoll erachtet. Bei kleineren Ausbaugrößen ist eine effiziente Bewirtschaftung nicht oder nur bedingt möglich. (z.B. Der Aufwand für den An- und Abtransport von Umsetzmaschinen oder Geräten zum Aufsetzen der Mieten überwiegt gegenüber dem eigentlichen Einsatz auf der Anlage,

3.1.2.3 Kompostanlagen mit Klärschlammverwertung

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über Kompostplatzbetreiber, die Klärschlamm übernehmen, samt Übernahmekosten (ohne Transport):

Firma	Ort	Entfernung	TS	Kosten	Voraussetzungen Bemerkungen
		in km	in %	€ / to	
Seiringer Umweltservice	Wieselburg	97	---	40-50	Kompost-VO Tab. 2c
FK Agrar- u. Umwelttechnik	Michelhausen	120	---	45	Kompost-VO Tab. 2c
KVA Kompostieren	Sitzenberg	93	25-40	40-50	Kompost-VO Tab. 2c
Humovit (Edelhof)	Zwettl	21	28-35	43	Kompost-VO Tab. 2b
Compag	Pulkau	87	25-35	40-45	Kompost-VO Tab. 2c
Compag	Horn	66	25-35	40-45	Kompost-VO Tab. 2c
Compag	Hollabrunn	104	25-35	40-45	Kompost-VO Tab. 2c

3.2 Verbrennung von Klärschlamm

Gem. Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 stellt die thermische Behandlung eine ökologisch verträgliche, geeignete Behandlungsoption auch für schadstoffbelasteten Klärschlamm dar.

- Zerstörung organische Schadstoffe
- Inertisierung und Hygienisierung des Abfalls
- Abtrennung anorganischer Schadstoffe
- Gewichts- und Volumenreduktion
- Emissionsreduktion treibhausgasrelevanter Gase
- „Energiegewinnung“

Teilgetrockneter Klärschlamm hat einen unteren Heizwert von 9 – 18 MJ/kg TS, einen Energieinhalt, der dem von Braunkohle vergleichbar ist. Dennoch unterscheidet sich Klärschlamm, seine Zusammensetzung betreffend, deutlich von Braunkohle. Insbesondere sind Wasser- und Aschegehalt sowie der Gehalt an Chloriden, Fluoriden und einigen Schwermetallen deutlich höher als in Kohle.

Für die Verbrennung von Klärschlamm sind die nachfolgenden Verordnungen von großer Bedeutung:

1. Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Verbrennung gefährlicher Abfälle in gewerblichen Betriebsanlagen (BGBl II Nr. 296/2007)
2. Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Verbrennung von gefährlichen Abfällen (BGBl II Nr. 296/2007)

Die beiden Verordnungen sind seit 1. November 2007 in Kraft.

Werden Abfälle nicht in Abfallverbrennungsanlagen sondern in industriellen Feuerungsanlagen verbrannt, so spricht man von Mitverbrennung.

Definition: Eine Mitverbrennungsanlage ist jede ortsfeste oder nicht ortsfeste Anlage, deren Hauptzweck in der Energieerzeugung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht und in der

- Abfall als Regel- oder Zusatzbrennstoff verwendet wird oder
- Abfall im Hinblick auf die Beseitigung thermisch behandelt wird.

Werden in einer Mitverbrennungsanlage mehr als 40 % der freigesetzten Wärme mit gefährlichen Abfällen erzeugt oder unaufbereitete gemischte Siedlungsabfälle verbrannt, so gelten die Grenzwerte für Abfallverbrennungsanlagen.

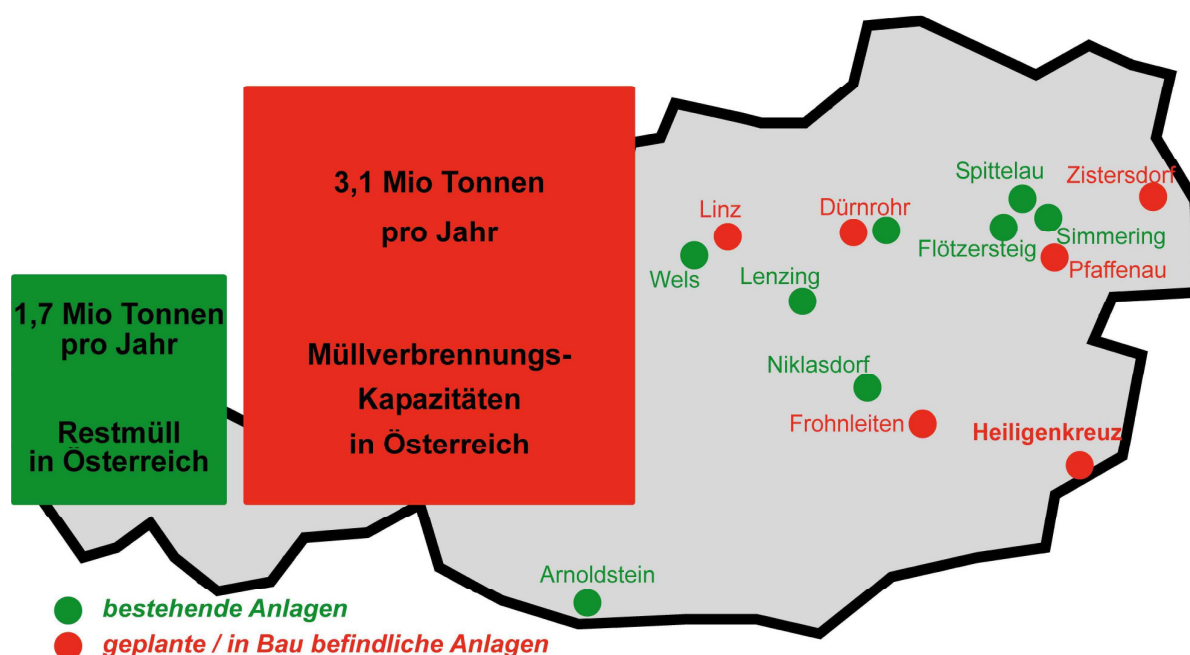
Folgende Tabelle zeigt die Vor- und Nachteile bei der Klärschlammverbrennung.

Kriterium	Vorteile	Nachteile
Entsorgungskosten		Im Vergleich mit landwirtschaftlicher Verwertung tendenziell höher
Transportwege	Im Regelfall geringe Mengen, da bei der Vorbehandlung ein hoher Entwässerungsgrad angestrebt wird.	jedoch lange Transportwege, aufgrund der geringen Anzahl geeigneter Verbrennungsanlagen
Entwässerungsgrad	-----	>22 % für Müllverbrennungsanlagen >85 % als Zusatzbrennstoff z.B. in der Zementindustrie oder bei Monoverbrennung
Belastete Klärschlämme	Geeignetes Entsorgungsvorgehen	-----
P- Rückgewinnung	möglich	dzt. nur bei Monoverbrennung sinnvoll

Falls eine landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung im Landschaftsbau, aufgrund der Grenzwerte, nicht möglich ist, bleibt nur noch die „Thermische“ Nutzung als Entsorgungsschiene übrig.

Die Kosten der thermischen Verwertung werden durch den erreichbaren TS-Gehalt und der Entfernung zur Verwertungsanlage bestimmt. Je höher der Trockensubstanzgehalt, desto geringer die Kosten für den Transport und die Übernahme durch den Verwerter.

Die nachfolgende Karte und Tabellen geben einen Überblick über Thermische Abfallbehandlungsanlagen in Österreich:



Thermische Abfallbehandlung	Feuerung/Abfalleinsatz	Kapazitäten in t/a
Müllverbrennungsanlage Spittelau, Wien	Rost (Restmüll), 60 MW	270.000
Müllverbrennungsanlage Flötzersteig, Wien	Rost (Restmüll), 51 MW	200.000
Müllverbrennungsanlage WAV I, Wels	Rost (Restmüll), 20 MW	75.000
Müllverbrennungsanlage WAV II, Wels	Rost (Restmüll), 80 MW	230.000
Müllverbrennungsanlage Dürnrohr, Zwentendorf	Rost (Restmüll), 120 MW	300.000
Müllverbrennungsanlage KRV Arnoldstein	Rost (Restmüll), 30 MW	80.000
Wirbelschichtofen (WSO4) – Simmeringer Haide, Wien	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion, Klärschlamm), 41 MW	110.000
Wirbelschichtfeuerung - Reststoffverwertung Lenzing (RVL)	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion, Klärschlamm), 110 MW	300.000
Thermische Reststoffverwertung, Niklasdorf (ENAGES)	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion, Klärschlamm), 40 MW	100.000
Summe gerundet: nach BAWP (2006)		1.700.000

Anlage	Bundesland	Thermische Leistung	Nutzung	Kapazität [t/a]
Pfaffenau	Wien	80 (92)*	Strom, Wärme	250.000
Linz	Oberösterreich	60	Strom, Wärme	165.000
Zwentendorf III	Niederösterreich	90	Strom, Wärme	250.000
Zistersdorf	Niederösterreich	55	Strom	130.000
Heiligenkreuz	Burgenland	90	Strom, Dampf	200.000
Frohnleiten	Steiermark	160	Strom, Dampf	400.000
Gesamt		ca. 550		1.395.000

Quelle: Uni Leoben; Institut für Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik

Die nachfolgende Tabelle sind Übernahmepreise in €/to sowie die wichtigsten Qualitätskriterien für die Übernahme aufgelistet.

Art	Ort	TS	Voraussetzungen
		in %	Bemerkungen
Müllverbrennung	Wels	25	Anlieferung über AVE, Störstoffe < 5 cm, keine Metallreste, Organikanteil > 70%
Monoverbrennung	Lenzing	20-30	Anlieferung nur über AVE, kein Kies, Organikanteil > 60% homogene Zusammensetzung
Müllverbrennung	Dürnrohr	20-40	genauer Preis durch Probenahme, keine Altholzreste mit Wurzelstöcken möglich
Monoverbrennung	Bad Vöslau	20-60	Kalogeo, Geruchsarm homogene Zusammensetzung
Müllverbrennung	Wien SH	20-30	Preis nach Organikanteil keine Steine, Kies < 2 mm, Pumpfähig
Müllverbrennung	Wien SH	90	Anlieferung über Silowagen EX-Schutz Dokument

Neben der Verbrennung in Müllheizwerken kann Klärschlamm auch in Zementwerken oder in der Zellstoff- Papier- und Faserplattenindustrie verwertet werden. Allerdings werden für die Verbrennung des Schlammes im Regelfall sehr hohe Qualitätsanforderungen gestellt.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Trockensubstanzgehalt > 80 %
- Krümelige Struktur
- Frei von sonstigen Verunreinigungen und Rückständen (z.B. Wurzeln aus Vererdung, Schlammverunreinigungen zufolge fehlender mechanischer Vorreinigung, ...)

Die folgende Karte und nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über österreichische **Zementwerke**:



Werk	Adresse	Kontakt
Gmundner Zement Produktions- und Handels GmbH	4810 Gmunden Hatschekstraße 25	+43 7612 788-0 www.gmundner-zement.at
Holcim (Vorarlberg) GmbH	6700 Bludenz Brunnenfelderstraße 59	+43 5552 635-9150 www.holcim.at/autl

Holcim (Wien) GmbH	1030 Wien Franzosengraben 7	+43 1 8890303 www.holcim.at
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann GesmbH	4560 Kirchdorf/Krems Hofmannstraße 4	+43 5 7715 200-0 www.kirchdorfer-zement.at
Lafarge Permooser GmbH (Werk Mannersdorf)	2452 Mannersdorf Wienerstraße 10	+43 2168/62311-0 www.lafarge.at
Lafarge Permooser GmbH (Werk Retznei)	8461 Ehrenhausen Retznei 34	+43 3453 2101-0 www.lafarge.at
Schretter & Cie GmbH & Co KG (Kirchbichl)	6682 Vils	+43 5677 8401-0 www.schretter-vils.co.at
Schretter & Cie GmbH & Co KG (Vils)	6682 Vils	+43 5677 8401-0 www.schretter-vils.co.at
SPZ Zementwerk Eiberg GmbH & Co. KG	6330 Kufstein Eiberger Bundesstrasse	+43 5372 5400-0 www.spz-eiberg.at
Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH (Peggau)	9010 Klagenfurt Ferdinand-Jergitsch-Straße 15	+43 463 56676-0 www.wup.at
Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH (Wietersdorf)	9010 Klagenfurt Ferdinand-Jergitsch-Straße 15	+43 463 56676-0 www.wup.at
Wopfinger Baustoffindustrie GmbH	2754 Waldegg Wopfing	+43 2633 400-0 www.baumit.com
Zementwerk Leube GmbH	5083 St. Leonhard	+43 508108-0 www.leube.at

Anlagen der österreichischen **Zellstoff- Papier-, Span- und Faserplattenindustrie**, die Klärschlamm verbrennen (Umweltbundesamt 2004b)

Firma	Bundesland
Frantschach Pulp&Paper Austria AG	Frantschach
W. Hamburger AG	Pitten
Lenzing AG	Lenzing
Norske Skog Bruck GmbH	Bruck/Mur
Sappi Austria Produktions- GmbH & CoKG	Gratkorn
EEVH	Steyrermühl
Ybbstaler Zellstoff GmbH	Kematen/Ybbs
Funder Industrie GmbH	St. Veit/Glan

Als weitere potentielle Verbrennungsstätten für Klärschlamm sind **Biomasseheizwerke** zu nennen. Erhebungen hinsichtlich der Mitverbrennung des Klärschlammes führten zum Ergebnis, dass seitens der Betreiber kein oder nur bedingtes Interesse an einer Mitverbrennung besteht. Die Gründe dafür sind unterschiedlich. Einerseits sprechen technische Aspekte gegen die Mitverbrennung, andererseits hemmen rechtliche Einschränkungen die Mitverbrennung.

- Brennkammer und Nachbehandlungsanlage sind nicht für die Mitverbrennung geeignet.
- Ökostromgesetz
- Umweltauflagen

4 Klärschlammwässerung

Für die Klärschlammwässerung stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Neben naturnahen Verfahren (z.B. Eindickung oder Klärschlammvererdung) ist vor allem die maschinelle Klärschlammwässerung von Bedeutung.

4.1 Naturnahe Verfahren zur Eindickung

4.1.1 Schlamm Speicher

4.1.1.1 Allgemeine Beschreibung

Einer der wichtigsten Verfahrensschritte der stofflichen Veränderung von Klärschlamm ist dessen Volumenverminderung durch Abtrennen von Schlammwasser. Hierbei stellt die Eindickung die technisch einfachste und kostengünstigste Methode dar.

Die Eindickung kann je nach Einsatz innerhalb der Gesamtverfahrenskette als sogenannte Voreindickung und als Nacheindickung betrieben werden.

Mit der statischen Eindickung von klassischem kommunalem Klärschlamm kann ein Trockensubstanzgehalt von ca. 5 % erreicht werden.

Klärschlamm wird durch die Schwerkraft am Boden komprimiert, während sich oberhalb des Schlammes eine Trübwasserschicht bildet. Das Trübwasser wird in regelmäßigen Abständen abgezogen und in den Zulauf zurückgeführt. Bewährt hat sich die regelmäßige, kräftige Durchmischung des Schlammespeichers mittels Rührwerken oder Umwälzpumpen. Damit sollen Ablagerungen vermieden werden, sowie eine möglichst einheitliche Konsistenz des Schlammes geschaffen werden.

Belüftungssysteme im Schlamm Speicher werden eingesetzt, um einen höheren Stabilisierungsgrad zu erreichen aber auch zur Durchmischung des Schlammes.

Auf größeren Anlagen gibt es gesonderte Eindicker. Um Mikrokanäle zur besseren Entwässerung zu schaffen, kreisen darin oftmals Krählerwerke (vertikale Stangen) langsam durch den Schlamm.



4.1.2 Klärschlammvererdung

4.1.2.1 Allgemeine Beschreibung

Die **Klärschlammvererdung** ist eine flächenhafte Methode der Klärschlammwässerung und Stabilisierung in mit Schilf bepflanzten Becken. Durch Wasserentzug, Ab- bzw. Umbauvorgänge und Verringerung des Porenvolumens kommt es zu einer Volumenreduzierung des eingebrachten Klärschlammes um bis zu 70 %. Cirka 40 % des entzogenen Wassers gehen über Evapotranspiration (Verdunstung über den Bewuchs) verloren, der Rest fließt über die Drainage zurück in den Kläranlagenzulauf.

Leistungsfähigkeit der Klärschlammvererdung

Die Becken werden in wöchentlichen Abständen mit aerob stabilisiertem Schlamm beschickt. Dabei erfolgen folgende wichtige Schritte:

- Entwässerung des Klärschlammes
- Volumenreduzierung
- Stabilisierung des Klärschlammes durch biologische Ab- und Umbauvorgänge
- Verminderung der organischen Substanz auf durchschnittlich 7 % der Trockenmasse
- Mikrobielle Ab- bzw. Umbauvorgänge (Nitrifikation/Denitrifikation)
- Phosphatanreicherung in den Becken
- Seuchenhygienisches unbedenkliches Material entsteht

Eine wichtige Rolle bei all diesen Vorgängen spielt das Schilf. Es ist in der Lage über die Wurzeln auch in untere Bereiche Sauerstoff abzugeben, Wasser aufzunehmen und dieses zu verdunsten.

Über die Drainage kann nur das freie Wasser aufgrund der Schwerkraftwirkung aus dem eingebrachten Klärschlamm entwässern. Da Klärschlamm aber eine starke Wasserhaltekapazität besitzt, gelingt damit allein nur eine sehr unbefriedigende Abtrocknung. Für eine ausreichende Abtrocknung muss daher auch ein Teil des kapillar gebundenen Wassers entfernt werden, was ohne Zuschlagstoffe und technischen Hilfsmittel auf natürliche Weise nur über die Saugkraft von Pflanzenwurzeln ermöglicht wird. Durch Transpirationsvorgänge gehen ca. 40 % der eingebrachten Wassermengen verloren. Bei Messungen wurden Spitzenwerte von 24 mm/d gemessen. Es kann angenommen werden, dass während des Beschickungszeitraumes durchschnittlich 10 mm/d transpiert werden.

Durch die intensive Durchwurzelung des Klärschlammes wird biologische Aktivität im Wurzelbereich erhöht, was eine erhebliche Verbesserung der Klärschlammqualität ohne das Einbringen von Zuschlagstoffen mit sich bringt.

Wichtig zu erwähnen ist, dass all diese Vorgänge ohne nennenswerten zusätzlichen Energieaufwand stattfinden.

Dimensionierung der Anlage

Für den Betreiber einer Klärschlammvererdungsanlage ist die Belastbarkeit das wichtigste Leistungskriterium. Diese errechnet sich aus der möglichen Klärschlammmenge die pro m² Beetfläche pro Jahr eingebracht werden kann. Diese Menge ist vor allem von der lokalen Witterung und vom bereits in der Kläranlage erreichten Stabilisierungsgrad des Überschuss-Schlammes abhängig.

Die Bemessung erfolgt nach dem ATV-Arbeitsbericht „Klärschlammbehandlung in Pflanzenbeeten“:

Die Beaufschlagung der Becken (Schilfbeete) soll zwischen 30 und 70 kg TS/m²,Jahr liegen. Das entspricht etwa 2-3 EGW/m²,Jahr.

Bau der Vererdungsbecken

Als Vererdungsbecken können entweder schon bestehende Trockenbeete adaptiert werden, oder in der erforderlichen Größe neu angelegt werden. Das Sickerwasser muss über eine Drainage wieder in das Belebungsbecken der Kläranlage zurück geleitet werden können. Die Becken können sowohl in Beton- als auch Erdbauweise errichtet werden. Für eine leichtere Räumung kann zur Befahrbarkeit mit Radladern oder Traktoren mit vollhydraulischen Frontladern ein Teil der Beckeneinfassung mit flexiblen Holzwänden, die mit Folien gedichtet werden ausgeführt sein. Das Becken sollte nach Möglichkeit windgeschützt und in einer sonnigen Lage angeordnet sein.

Die Befüllungshöhe sollte 1,20 m nicht übersteigen, da ab größeren Höhen die Dränagewirkung stark herabgesetzt ist.

In der Praxis hat sich als vorteilhaft erwiesen, mindestens 2 oder mehrere Becken anzuordnen. Damit ist ein lückenloser Betrieb während der Räumphase eines Teilbeckens gegeben.

Bauweisen:

Grundsätzlich können 2 Bauweisen unterschieden werden.

1. Folienbauweise
2. Betonbauweise

Beide Bauweisen können auch überdacht ausgeführt werden. Durch die Fernhaltung der Niederschlagswasser kann mit einer Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes um weitere 5 – 7 % gerechnet werden.

Becken in Folienbauweise: Die Böschungs- und Bodenflächen werden mit einer Folie abgedichtet, die Böschungsflächen mit einer Neigung von 3 : 2, oder 1 : 1 ausgeführt. In den Becken wird eine Flächendrainage mit 20 cm Kies 16/32 aufgebracht (mit oder ohne Drängraben an der Sohle) und die Schotterschicht mit Vlies abgedeckt.



Auf die Schotterschicht bzw. das Vlies wird dann ca. 10 cm Muttererde aufgebracht. Das anfallende Sickerwasser wird in einem Sickerwasserpumpschacht gefangen und in die Kläranlage zurückgeführt. Bei der Beschickung der Vererdungsbecken ist auf eine möglichst gleichmäßige Beaufschlagung zu achten, die zu keinen Auskolkungen im Beet führen.

Becken in Betonbauweise: Die Becken werden in der erforderlichen Größe und Höhe nach den statischen Erfordernissen und mit einem entsprechendem Gefälle von 2 % hin zu einem Sammelschacht versehen in Dichtbeton errichtet, sodass das anfallende Drainagewasser gesammelt und zur Kläranlage zurück gepumpt werden kann. Dabei kann die Drainage mit 8 cm Grobkies 16/32, und 8 cm Mittelkies 8/16 ausgeführt werden. Darüber wieder das Vlies und 10 cm Muttererde als Pflanzsubstrat.



Vererdung Kirchschatz



Vererdung Krumau/Pölla

Bepflanzung

Die Bepflanzung erfolgt ausschließlich mit Schilf. Es kann zugekauft oder direkt aus einem natürlichen Bestand entnommen werden. Beste Pflanzzeit ist im April. Die Pflanzungen erfolgen in einer ca. 10 cm tiefen Erdschicht über der Drainage. Eine Pflanzdichte von 10 Halmen pro m² ist ausreichend. Wichtig ist eine Feuchthaltung der Becken in der Anfangsphase um das Anwachsen des Bestandes zu ermöglichen. Die Becken sollten daher im Anfangsstadium regelmäßig gegossen oder eingestaut werden.

Beschickung

Die Beschickung sollte möglichst druckfrei erfolgen. Im ersten Betriebsjahr muss der Schilfbestand die Möglichkeit haben, sich gut zu entwickeln. Es ist daher mit äußerster Vorsicht zu beschicken. Erst ab dem zweiten Jahr kann mit dem geregelten Betrieb der Anlage gerechnet werden. Mit der Beschickung kann im Frühjahr sobald die Becken aufgetaut sind und das Schilf zu treiben beginnt, das ist in der Regel in unseren Breiten Ende März, begonnen werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die jungen Schilftriebe nicht durch zu hohe Klärschlammgaben überstaut werden. Die Beschickung kann bis zum Ende der Vegetationsperiode erfolgen. Mit dem Beginn der ersten Fröste ist sie einzustellen.

Für den Betrieb ist es vorteilhaft mehrere getrennte Einheiten vorzusehen und sie abwechselnd in ein- bis zweiwöchigem Rhythmus mit Schlamm zu beschicken. Die Beschickungsintervalle sind so zu wählen, dass Überstauhöhen und –zeiten minimiert werden und andererseits das Austrocknen an der Oberfläche vermieden wird. Darüber hinaus ist eine einjährige Reifezeit vor der Räumung der Beete zu berücksichtigen. In dieser Zeit sollte das zu räumende Beet nicht beschickt werden.

Das Mähen der Pflanzen im Winter und eine Beseitigung des Mähguts sind nicht erforderlich. Das abgestorbene Schilf verbleibt am besten im Schlamm. Es wirkt sich positiv auf die Struktur des Schlammkörpers aus.

Wartung

Es ist im Prinzip kein besonderer Wartungsaufwand nötig. Jedoch liegt es im Aufgabenbereich des Klärwärters die richtige Beschickungsmenge und den richtigen Zeitpunkt je nach Abtrocknungszustand und Witterung festzulegen.

Grundsätzlich ist ein Winterbetrieb möglich. Allerdings ist auf eine frostfreie Gestaltung der Beschickung zu achten. Weiters ist im Frühjahr mit einer vermehrten Sickerwasserrückbelastung zu rechnen. Empfehlenswert ist die Errichtung eines Schlammspeichers (für mind. 1 Monat), sodass die ungünstigsten Witterungsverhältnisse überbrückt werden können, und auch eine Voreindickung des Schlammes möglich ist. Weiters erlaubt der Schlammspeicher die Beschickung optimal zu dosieren und anzupassen.

In Abhängigkeit von der Größe der Vererdungsanlage kann mit einem Betreuungsaufwand von 1 bis 2 Stunden in der Woche während des Beschickungszeitraumes gerechnet werden.

Räumung der Becken

Die Räumung der Becken erfolgt je nach Beckenart mit dem Greifbagger vom Beckenrand aus oder bei befahrbaren Becken mit Radladern. Die Räumung der Becken muss bei der Konzeption und beim Bau der Becken berücksichtigt werden. Vor der endgültigen Verwendung des Materials müssen die Schilfpflanzen ausgesiebt werden. Eine andere Variante wäre die Nachkompostierung des verwendeten Materials.

Endprodukt

Nach mehrjähriger Behandlung hat der Schlamm seine ursprüngliche Struktur verloren. Er ähnelt Humus. Es ist davon auszugehen, dass die behandelten Schlämme sich hinsichtlich der relevanten Bewertungsparameter in unterschiedlicher Weise verändert haben. Dabei wird vorausgesetzt, dass die verrotteten Pflanzen im Endprodukt enthalten sind:

- Die meisten Nährstoffe verbleiben im Schlamm. Aufgrund der Mineralisierung und der Erhöhung des Trockenrückstandes reichern sie sich entsprechend an. Stickstoff hingegen wird ausgewaschen und liegt im Sickerwasser überwiegend als Nitrat vor. Soweit andere Nährstoffe mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden, gelangen sie über die Sickerwasserbehandlung wieder weitgehend in den Schlammfad zurück. Daher ist die Nährstofffracht des behandelten Schlammes der des unbehandelten Schlammes ähnlich.
- Die Schwermetalle verbleiben im Schlamm. Durch Abbau organischer Trockenmasse erhöht sich die feststoffbezogene Schwermetallkonzentration. Daher gleicht die Schwermetallfracht des behandelten Schlammes etwa der des unbehandelten Schlammes.
- Die physikalischen Eigenschaften haben sich in positiver Weise verändert:
 - Der vorher fließfähige Schlamm hat eine krümelig-erdige Struktur angenommen.
 - Der Trockenrückstand hat sich erhöht, von 3–4 % auf etwa 10 – 15 %. Bei optimaler Beschickung und Betriebsführung sind auch Trockensubstanzgehalte > 30 % erzielbar.
 - Der organische Anteil (Glühverlust) hat sich von 55–65 % auf 30–35 % verringert.
 - Die für Klärschlamm typischen Emissionen sind verschwunden. Das Endprodukt hat einen erdigen Geruch.
- Die mikrobielle Beschaffenheit hat ihren klärschlammtypischen und durch Fäkalkeime geprägten Charakter verloren. Das mit Pflanzen behandelte Produkt enthält keine Fäkalkeime mehr, sondern ist von Bodenbakterien besiedelt. Durch die lange Behandlungsdauer werden die fäkalen Keime und Wurmeier bis auf ein seuchenhygienisch unbedenkliches Maß reduziert.

Anzumerken ist, dass das Endprodukt definitionsgemäß Klärschlamm bleibt und den geltenden gesetzlichen Bestimmungen unterliegt.

4.1.2.2 Erfahrungen in der Betriebsführung

In Niederösterreich sind eine Vielzahl von Klärschlammvererdungsanlagen speziell bei kleineren Einheiten in Betrieb.

TS-Gehalt

Der erwartete TS-Gehalt (20 – 25 %) nach der Vererdung wird mancherorts nicht erreicht. Die Ursachen sind einerseits in einer ungenügenden Bemessung und fehlende Betriebsvorschriften zu finden. Andererseits sind Fehlbedienungen z.B. zu große Beaufschlagung, oder unzureichende Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse, falscher Bewuchs, etc. als Hauptursachen für einen ungenügenden Entwässerungsgrad zu nennen.

Abhilfe kann in erster Linie durch eine verbesserte (richtige) Betriebsführung geschaffen werden. Ebenso kann die Errichtung von Überdachungen (Schutz vor Niederschlagswässern) eine maßgebliche Verbesserung herbeiführen.

Als weitere Ursache sind fehlende oder ungenügend dimensionierte Schlammspeicher zu nennen. Ein Trübwasserabzug ist nicht möglich, was eine hohe hydraulische Beaufschlagung bewirkt. Auch ist die Beschickung während der Wintermonate zur Beibehaltung der erforderlichen Schlammkonzentration in den Belebungsbecken zwingend notwendig.

Dies führt häufig zu einer Erhöhung des Wassergehaltes im Vererdungsbecken, der erfahrungsgemäß auch bei optimaler Betriebsführung während des restlichen Jahres nicht mehr kompensiert werden kann.

Entsorgung:

Manche Verbrennungsanlagen übernehmen nur Schlämme ohne pflanzliche Rückstände (Schilf, Wurzeln). Der vererdete Klärschlamm muss entweder vorher aufbereitet werden, oder zu jenen Anlagen verbracht werden, die diese „Verunreinigung“ akzeptieren. (Mehrkosten)

Bei kompostierfähigem Ausgangsmaterial können Verunreinigungen, die auf eine fehlende mechanische Vorreinigung (Rechen, Sieb) zurückzuführen sind, zu Übernahmeproblemen (und Mehrkosten) führen.

4.2 Maschinelle Entwässerung

Für die maschinelle Klärschlammmentwässerung kommen verschiedene Systeme zur Anwendung, wobei zwischen

1. Hauptentwässerung, und
2. Nachentwässerung - Trocknung

unterschieden werden kann.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Entwässerungsverfahren samt den erreichbaren TS-Gehalten des Schlammes.

Alle Verfahren benötigen zur Schlammkonditionierung (Verbesserung der Eindickeigenschaften) ein Polymer.

Der Polymerverbrauch ist von der Schlammqualität, dem Aggregat und dem angestrebten Entwässerungsgrad abhängig.

Möglichkeit	Eingangs-TS	Ausgangs-TS	Anwendung
Scheibeneindicker	2 - 4 %	6 – 10 %	Volumenverringerung
Schneckenpresse	2 – 4 %	12 – 16 %	Volumenverringerung
Siebbandpresse	2 - 4 %	16 – 20 %	Kompostierung
Zentrifuge	2 - 4 %	22 – 28 %	Kompostierung , Verbrennung
Kammerfilterpresse	2 - 4 %	33 – 38 %	Kompostierung , Verbrennung
Filtersackentwässerung	2 - 4 %	60 – 80 %	Kompostierung, Verbrennung
(solare Trocknung) *	2 - 4 %	70 – 80 %	Kompostierung, Verbrennung

* in der Praxis kaum angewendet, da die Trocknungshallen unwirtschaftlich groß dimensioniert werden müssten.

Nachfolgend werden die Arbeitsweisen der einzelnen Aggregate vorgestellt.

Die angegebenen Bandbreiten der Investitionskosten der nachfolgend beschriebenen Klärschlamm-entwässerungsaggregate beziehen sich auf Maschinen mit einer mittleren Durchsatzleistung von 6-8 m³/h und stabilisierte kommunale Klärschlämme.

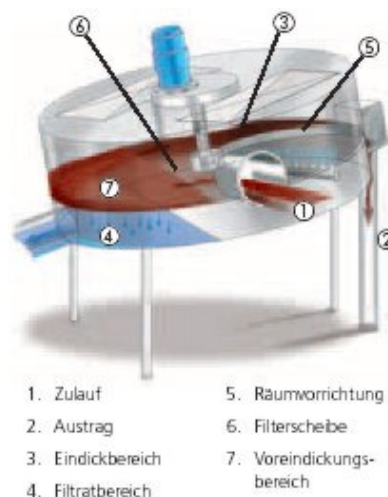
Sowohl die Investitionskosten als auch die Betriebskosten werden pro Einwohnerwert und pro m³ (mit dem jeweiligen Trockensubstanzgehalt des Schlammes) angegeben. Die Investitionskosten berücksichtigen eine durchschnittliche bis gute Qualität und Ausstattung.

4.2.1.1 Scheibeneindicker

Die Scheiben-Eindickungsanlage zur kontinuierlichen, maschinellen Schlammendickung stellt eine Kombination von statischer und mechanischer Filtration dar.

Bei der Maschine handelt es sich um eine geneigt installierte, sich langsam drehende Filterscheibenkonstruktion. Der Filtrierboden besteht aus einer Mikrosiebbespannung.

Die Filtrationseinheit ist ein rundes Mikrosieb mit konstanter Maschenweite von 0,3 bis 0,45 mm. Die Filterscheibe ist selbstabdichtend in einem geschlossenen Edelstahlbehälter eingebaut und unterteilt den Behälter in eine Eindickzone (Arbeitsbereich) und eine Filtrationszone. Der vorgeflockte Schlamm fließt aus dem Reaktionsstank auf die Oberfläche der Filterscheibe. Auf dem Sieb sedimentiert der leicht geflockte Schlamm und das Filtratwasser sammelt sich in der Filtrationszone und verlässt den Behälter durch den Ablauf.



Auf der Oberfläche der Scheibe ist eine zusätzliche Räumvorrichtung zur Unterstützung des Austrages angebracht. Durch die Räumvorrichtung wird der Filtrierboden kontinuierlich von Feststoffen gereinigt. Die schräge Anordnung des Gesamtsystems sorgt dafür, dass nur hoch eingedickter Feststoff als Dickschlamm ausgetragen wird.

Die Reinigung der Filterscheibe erfolgt diskontinuierlich mit einer Spritzdüsenleiste aus der Filtrationszone in die Eindickzone. Dadurch wird gewährleistet, dass keine Feststoffe in das Filtrat gespült werden.

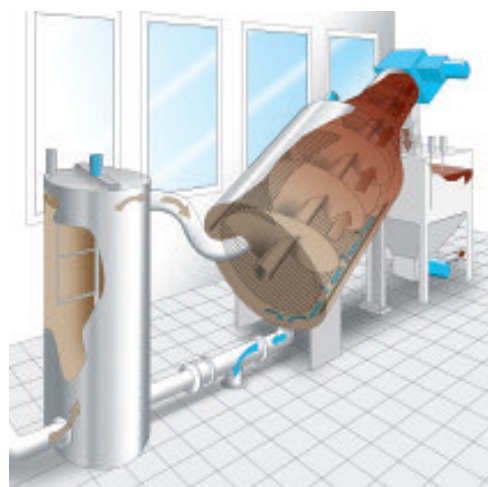
Durchsatzleistung	20 – 100 m ³ /h
Erreichbarer TS	6 %
Leistungsbedarf	20 W/m ³
Polymerverbrauch	2 - 3 g/kg

4.2.1 Schneckenpresse

Mit einer Schlammpumpe wird der einzudickende Schlamm in den Schnecken-Eindicker gefördert. Das erforderliche gebrauchsfertige Flockungshilfsmittel wird in einer Aufbereitungsanlage kontinuierlich angesetzt und dem Schlamm proportional zur Feststoffmenge zudosiert und intensiv gemischt.

Der Schlamm wird durch eine langsam drehende Förderschnecke über ein zylindrisches Edelstahlspaltsieb gefördert und umgewälzt, wobei das Filtrat über das Sieb abfließt.

Die Reinigung des Spaltsiebes erfolgt während des Betriebes durch Bürsten an den Schneckenwendeln und durch intervallmäßige Spülung von außen. Der eingedickte Schlamm wird in einen Vorlagebehälter geleitet und von dort mit einer Dickschlammpumpe zur weiteren Behandlung gefördert.



Durchsatzleistung	20 – 100 m ³ /h
Erreichbarer TS	16 – 24 %
Leistungsbedarf	30 W/m ³
Polymerverbrauch	4-8 g/kg

4.2.2 Siebbandpresse

Kontinuierlich arbeitender Filter mit zusätzlicher Entwässerung durch Druckfiltration. Sie wird u.a. bei der Schlamm-entwässerung bzw. Schlamm-eindickung eingesetzt und besteht aus einem Siebband, das über verschiedene Rollen und Walzen gegen ein zweites Band gedrückt wird. Diese beiden Bänder sind für Wasser durchlässig, nicht aber für Klärschlamm. Zwischen diese beiden Bänder wird der aus der Kläranlage abgezogene Schlamm gegeben und durch das Aneinanderpressen kommt es zu einer Entwässerung des Schlammes. Entwässertes Schlamm hat hier einen Restwassergehalt von ca. 70 %.



Durchsatzleistung	15 - 30 m ³ /h
Erreichbarer TS	16 – 20 %
Polymerverbrauch	8 - 10 g/kg

4.2.3 Zentrifuge

Durch Fliehkräfte in einer sich drehenden Trommel werden Feststoffe oder Flüssigkeiten höherer Dichte von Flüssigkeiten geringerer Dichte getrennt.

Ausläufe Aufgrund der Zentrifugalkräfte im Separator sammeln sich Flüssigkeiten/Partikel mit der größten Dichte an der Trommelwand. Beide Flüssigphasen werden dann über verschiedene Ausläufe entleert.



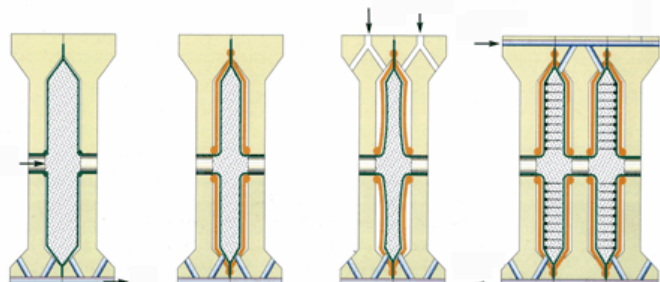
Durchsatzleistung	8 - 30 m ³ /h
Erreichbarer TS	22 – 28 %
Polymerverbrauch	8 - 12 g/kg

4.2.4 Filterpresse

Abhängig von der Art des Plattenpaketes unterscheidet man die Filterpressen in drei Hauptgruppen:

1. Rahmenfilterpressen,
2. Kammerfilterpressen,
3. Membrankammerfilterpressen

Bei den Rahmen- und Kammerfilterpressen wird die Suspension mit Hilfe von Druck, der von der Beschickungspumpe erzeugt wird, in die Filterkammern gefördert. Die Flüssigkeit dringt durch die Filtertücher und läuft dann über den Filtratablauf ab.



Der Filtrationsprozess muss gegen den steigenden Filtrationswiderstand solange fortgesetzt werden, bis die Filterkammern mit Feststoff gefüllt sind und entleert werden können.

Bei den Membrankammerfilterpressen hingegen wird die Suspension nur mit einem begrenzten Druck in die Filterkammern gefüllt.

Die endgültige Entwässerung wird durch Druckbeaufschlagung der Membranen erreicht. Dabei werden die z.T. noch pastösen Filterkuchen mechanisch verdichtet.

Durchsatzleistung	8 - 30 m ³ /h
Erreichbarer TS	32 – 38 %
Polymerverbrauch	8 - 12 g/kg



4.2.5 Filtersackentwässerung

Der Schlamm wird mittels einer Exzentrerschneckenpumpe zum Schlammverteiltertank bzw. zu den Säcken gepumpt.

Um eine Flockung des Schlammes zu erreichen, wird der Schlamm mit Polymer vermischt. Der geflockte Schlamm gelangt über den Schlammverteiltertank in die manuell aufgesetzten Schlammsäcke. In diesen Säcken wird der geflockte Schlamm zurückgehalten bzw. vorentwässert. Das Filtratwasser gelangt über die Ablaufleitung direkt in den Kläranlagenzulauf.

Aufgrund der kontinuierlichen Entwässerung gibt es durch das Filtratwasser keine zusätzliche Stoßbelastung in der Kläranlage.

Übliche Baugrößen sind 3-Sack, 6- Sack oder 12-Sackanlagen. Die Abbildung zeigt eine typische 6-Sackanlage.



Der Anwendungsbereich der Filtersackentwässerung ist üblicherweise mit rd. 1.000 EGW Ausbaugröße beschränkt, da ab dieser Größenordnung der Personalaufwand für die Befüllung und Manipulation der Säcke sowie die Lagerflächen für die Nachlagerung sehr groß und aufwändig werden.

Erreichbarer TS; je nach Lagerdauer	60 – 80 %
Polymerverbrauch	8 - 12 g/kg

4.3 Klärschlamm-trocknung

4.3.1 Allgemeine Beschreibung und Prinzipien der Trocknung

Bei allen verfahren zur Klärschlamm-trocknung wird durch externe Energiezufuhr das im Schlamm enthaltene Wasser verdampft. Der spezifische Energieaufwand für die Verdampfung von 1 Mg Wasser setzt sich wie folgt zusammen:

Energieanteile	Energiemenge [kWh/Mg H ₂ O verdampft]
Verdampfungswärme	627
Aufheizung Wasser (von 20 °C auf 100 °C)	93
Aufheizung Feststoff	14
Verlust Trockner, Energieumwandlung	100
Total	834

Bei den Verfahren zur Klärschlamm-trocknung lassen sich 3 Trocknungsarten unterscheiden:

- Konvektionstrocknung (direkte Trocknung)
- Kontaktstrocknung (indirekte Trocknung)
- Strahlungstrocknung

Bei der **Konvektionstrocknung** wird das Heizmedium (Luft, Rauchgas, Abgas, ...) direkt mit dem zu trocknenden Schlamm in Kontakt gebracht. Die Trocknung über Konvektion ist durch das Wasseraufnahmevermögen des Heizmediums gekennzeichnet (starke Temperaturabhängigkeit). Das verdampfte Wasser (Brüden) verlässt gemeinsam mit dem Heizmedium den Trockner. Die mit Wasserdampf gesättigte Abluft enthält Verunreinigungen und muss in einer Abluftreinigung entstaubt und kondensiert werden. Die Brüdenkondensate sind organisch belastet und weisen einen relativ hohen Ammonium-N-Gehalt auf, und müssen fallweise einer weiteren Behandlung zugeführt werden.

Beispiele:

- Trommeltrockner
- Bandrockner
- Etagentrockner
- (solare Klärschlamm-trocknung)

Bei der **Kontaktstrocknung** wird die Wärme über beheizte Flächen auf den zu trocknenden Schlamm übertragen. Das Heizmedium kommt somit nicht mit dem Schlamm in Kontakt, sondern wird in einem separaten geschlossenen Heizsystem im Kreislauf geführt. Die Brüden werden in der Regel zur Wärmerückgewinnung in einen Wärmetauscher kondensiert. Da die Brüden nicht mit dem Heizmedium vermischt sind, kann die Brüdenkondensation einfacher durchgeführt werden, als bei den Konvektionstrocknern.

Beispiele:

- Dünnschichttrockner
- Scheibentrockner
- (solare Klärschlamm-trocknung mit Zusatzheizung)

Bei der **Strahlungstrocknung** wird ein Teil der von Strahlungsquellen emittierten elektromagnetischen Strahlungsenergie vom Feuchtgut absorbiert. Die absorbierte Energie dient zur Aufwärmung des Guts und zur Verdampfung der Feuchte.

Die Strahlungstrocknung kommt bei der solaren Klärschlamm-trocknung sowie bei der Anwendung von Dunkelstrahlern zum Einsatz.

4.3.2 Verfahren der maschinellen Klärschlamm-trocknung

Der spezielle Energiebedarf je Mg verdampften Wassers beträgt ca. 1000 kWh/Mg. Der Bedarf an elektrischer Energie schwankt und liegt bei etwa 10 % des Gesamtenergiebedarfes zwischen 65 und 110 kWh/Mg H₂O.

Da der Energiebedarf für die Trocknung sehr hoch ist, werden maschinelle Trocknungsanlagen häufig in Kombination mit Heizwerken oder Verbrennungsanlagen betrieben, wobei nutzbare Abwärme der Heiz- und Kraftwerke für die Trocknung verwendet wird. Der Betrieb von Trocknungsanlagen mit anschließlicher Zuführung von Energie zu Marktpreisen ist unwirtschaftlich.

Um einen effizienten Betrieb (= Dauerbetrieb) auch bei Abwärmenutzung zu gewährleisten sind sehr große Klärschlamm-mengen zur Trocknung erforderlich. (ca. 10.000 to/Jahr mit einem Eingangs-Es von durchschnittlich 25 %; entspricht rd. 140.000 EGW). Im ggst. Projektgebiet fällt viel zu wenig Klärschlamm an, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Die Möglichkeiten der maschinellen Trocknung werden nachfolgend kurz beschrieben, spielen jedoch aus oben genannten Gründen keine Rollen beim Variantenvergleich.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Entwässerungsverfahren samt den erreichbaren TS-Gehalten des Schlammes.

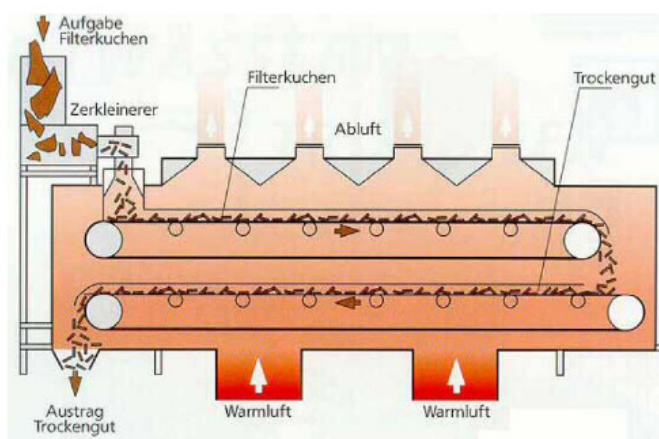
Möglichkeit	Eingangs-TS	Ausgangs-TS
Niedrigtemperaturtrockner	>15 %	70 – 85 %
Bandtrockner (Nieder- Mitteltemperaturtrockner)	> 15 %	60 – 85 %
Adsorptionstrockner	> 15 %	60 – 85 %
Hochtemperaturtrockner Dünnschichtrohr-trockner	25 – 30 %	80 – 90 %
Trocknungscontainer	> 25 %	60 – 80 %
Elektro-Osmose Entw.	> 15 %	65 – 70 %
Solare Trocknung	>12 %	70 – 80 %

4.3.1.1 Bandtrockner

Der mechanisch vorentwässerte Klärschlamm wird auf einem speziellen Extruder in eine Strangform verpresst. Die wurstchenförmigen Pellets fallen direkt auf ein perforiertes Förderband und bilden ein gut durchlüftbares Haufwerk. Dieses wird in den Trocknertunnel eingefahren, dort von Warmluft durchströmt und dabei auf schonende Weise getrocknet.

Das Produkt wird von dem Förderband langsam durch den Trocknertunnel bewegt. Mechanische Beanspruchungen, wie zum Beispiel Reib-, Scher- oder Schleuderbelastungen werden durch diese zwangsweise Bandförderung minimiert.

Die Verweilzeit in der Trocknungszone lässt sich über frequenzgesteuerte Antriebe einstellen. Damit kann die Trocknungsanlage bestens an unterschiedlichste Anforderungen (Durchsatz, TS - Gehalte, Trocknungstemperaturen) sehr flexibel angepasst werden.



Die homogene Produktstruktur gewährleistet eine sehr gleichmäßige Trocknung und erzeugt ein staubfreies Granulat. Flexible Beheizung (Heizöl, Erdgas, Faulgas, Dampf, Wasser,..) aber auch Abwärme von BHKW oder Heizwerken.

4.3.1.2 Trommeltrocknung

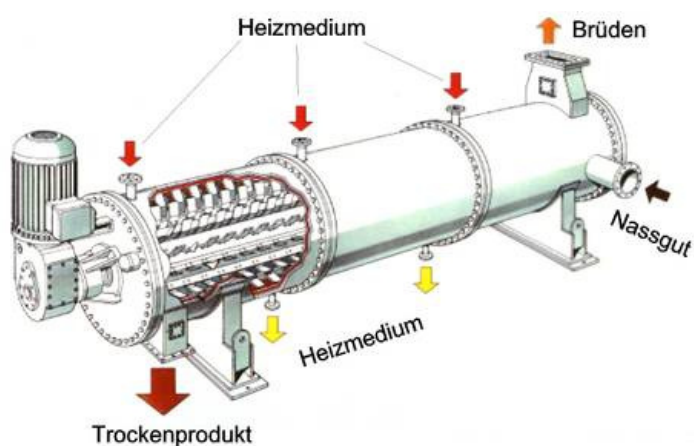
Die Trockentrommel dreht sich während des Trocknungsprozesses langsam um die eigene Achse, wobei der zugeführte Klärschlamm durch eingebaute Rieseleinrichtungen kontinuierlich umgelagert wird.

Die Verweilzeit im Trockner beträgt ca. 30 – 60 Minuten. Die eingesetzten entwässerten Klärschlämme durchlaufen die Trommel im Gleichstrom mit den Rauchgasen. Es muss eine Reinigung der abgekühlten Rauchgase und Brüden erfolgen.



4.3.1.3 Dünnschichttrocknung

Beim Scheibentrockner rotiert ein Scheibenbündel auf einer horizontalen Welle. In den Hohlräumen dieser Scheiben zirkuliert als Wärmeträger Dampf oder Thermoöl. Die Scheiben tauchen in den etwa bis zur Welle gefüllten, vor-entwässerten Schlamm ein. Soll eine Volltrocknung erfolgen, muss die Leimphase des Schlammes, die bei einem TS-Gehalt von ca. 50 – 60 % eintritt, durch die Rückmischung von Trockengut überwunden werden.



4.3.1.4 Wirbelschichttrocknung

Bei diesem Verfahren wird Heißgas, Umluft oder Brüden von unten in den Trockner eingeblasen. Der zu trocknende Klärschlamm wird in der Schwebe gehalten und in dem Wirbelbett getrocknet. Die Wärmeenergie kann ebenfalls über den Wärmetauscher im Fließbett auf das Trockengut übertragen werden.

4.3.2 Trocknungshallen

4.3.2.1 Solare Trocknung

Das Prinzip der Trocknung beruht auf dem natürlichen Feuchtigkeits- Aufnahmepotential der Trocknungsluft und der Nutzung von Sonnenenergie. Im Vergleich zu den konventionellen thermischen Trocknungsverfahren ist demnach in der Regel ein geringer Einsatz nicht regenerativer Energieträger notwendig.

Die solare Trocknung beruht auf dem Prinzip der Konvektions- und Strahlungstrocknung. Die Strahlungstrocknung überwiegt, wenn die solare Strahlung größer als etwa 300 W/m^2 ist. Eine wirksame Konvektionstrocknung erfolgt bis zu einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 80 %. Eine Trocknungswirkung, wenn auch in einem sehr viel geringeren Ausmaß, lässt sich somit auch nachts und in den Wintermonaten erzielen.

Solare Klärschlamm-trocknungsverfahren können zur Behandlung entwässerter aber auch flüssiger Schlämme eingesetzt werden. Um eine effektive Trocknung zu erzielen, kommt bei den solaren Trocknungsanlagen das folgende Funktionsprinzip zur Anwendung:

- Das Niederschlagswasser wird ferngehalten
- Erhöhung der Verdunstungsrate durch den sogenannten Gewächshauseffekt; solare Strahlung wird in Wärmestrahlung umgewandelt und Erwärmung der Luft in der Trocknungshalle. Der Austrag der mit Wasserdampf gesättigten Luft erfolgt durch gezielte Steuerung der Be- und Entlüftung.
- Effektive Schlammwendung, um die Bildung anaerober Zonen zu vermeiden, und um das im Schlamm gebundene Wasser mit der Trocknungsluft in Verbindung zu bringen.

Solare Trocknungsanlagen sind durch einen geringen verfahrenstechnischen und maschinellen Aufwand gekennzeichnet. Als Baustoffe für die transparenten Bauteile kommen PE-Folien, Doppelstegplatten und Glas zum Einsatz.

Die Be- und Entlüftung der Trockenhalle erfolgt über Umluftventilatoren und über eine gezielte Steuerung von Belüftungsklappen. Als Wende- und Vortragssysteme kommen verschiedene Konzepte zum Einsatz. (elektrisches Schwein, Wendewolf, ...)

Der elektrische Energiebedarf solarer Trocknungsanlagen liegt bei $25 - 40 \text{ kWh/Mg-H}_2\text{O}$.



Abb. Solare Klärschlamm-trocknung

Eine effektive Trocknung des Klärschlammes wird in solaren Trocknungshallen nur in den Monaten mit genügend solarer Strahlungsleistung erreicht. In den übrigen Monaten ist die Trocknungsleistung geringer, was zu längeren Aufenthaltszeiten des Schlammes, oder zu geringeren Trocknungsleistungen führt.

Um die solare Trocknung zu unterstützen kann eine Beheizung der Trocknungshallen erfolgen. Als Energiequelle kann die Abwärme von BHKW's, Prozesswärme, Biogas, ...) verwendet werden. Der Wärmeeintrag erfolgt über Fußbodenheizungssysteme, Luftregisterwärmetauscher oder ähnliche Systeme. Durch den Einsatz zusätzlicher Energie kann die Trocknungsfläche reduziert, und eine kontinuierliche Trocknung auch in Monaten mit geringer solarer Strahlungsleistung erzielt werden.

Durch rein solare Trocknungsverfahren werden Trocknungsgrade von bis zu 85 - 90 % erreicht. Das angestrebte Trocknungsziel liegt im Regelfall bei durchschnittlich 70 %.

Die Aufenthaltszeit des Schlammes in solaren Trocknungsanlagen ohne Zusatzbeheizung beträgt mind. 8 Wochen. Das entspricht etwa einem **Flächenbedarf** von **0,05 m²/EGW**. (= 20 EGW/m²)

Erreichbarer TS; je nach Lagerdauer	60 – 90 %
-------------------------------------	-----------

Mit Zusatzheizung kann die Aufenthaltszeit deutlich reduziert werden. Je nach Energiequelle und Dauer der Beheizung kann als Richtwert eine Halbierung des Flächenbedarfes abgeschätzt werden.

4.3.2.2 Überdachte Trocknungshalle

Als eine vereinfachte Form der solaren Trocknung besteht die Möglichkeit den Klärschlamm zur weitestgehenden Trocknung in überdachten Trocknungshallen zu behandeln.

Überdachte Trocknungshallen bestehen aus einem betonierten oder asphaltierten Bodenplatte mit Einfassungsmauern. Diese Platte ist mit einer Stahl- oder Holzkonstruktion abgedeckt. Die Halle ist nach allen Seiten offen, sodass ein ständiger Austausch mit der Umgebungsluft gegeben ist. Niederschlagswässer werden durch das Dach abgehalten.

Die überdachte Trocknungshalle kann optional mit einer Umwälzeinrichtung - ähnlich jenen, wie sie in den solaren Trocknungsanlagen Anwendung finden - für eine ständige Durchmischung des Schlammes ausgestattet werden.

Funktion:

Der vorentwässerte Schlamm, nach vorhergehender maschineller Entwässerung oder Vererdung wird in die Halle eingebracht. Wendeeinrichtungen sorgen für eine ständige Umwälzung des Schlammes. Je nach Aufenthaltszeit und klimatischen Verhältnissen kann der Entwässerungsgrad um ca. 20 % (ohne Wendeeinrichtung und bis zu 40 % mit Wendeeinrichtung verbessert werden. Erste Versuche in der Praxis zeigten, dass das Ausfrieren des Schlammes während der Wintermonate und die heißen Sommermonate maßgeblich zum Entwässerungserfolg beitragen.

Als Bemessungsrichtwert können **2 – 4 EGW/m²** angesetzt werden. Das entspricht einer Fläche von **0,25 – 0,50 m²/EGW**.



5 Festlegung von Untersuchungsregionen

Für die Festlegung von Untersuchungsregionen können unterschiedlichste Rahmenbedingungen maßgebend sein.

1. Klärschlammqualität
2. Klärschlammtransport
3. Klärschlammverwertung (Kompostanlagen, Verbrennungsanlagen)
4. Ausbaugröße der Kläranlagen
5. Nutzung günstiger Energiequellen zur Trocknung
6. Bereitschaft des Betreibers

5.1 Klärschlammqualität

Wie bereits im Kapitel 2 ausgeführt ist für weitere Behandlungsschritte die Qualität des Schlammes von großer Bedeutung. Speziell bei der gemeinschaftlichen Behandlung von Klärschlämmen unterschiedlicher Qualität (Grenzwerte) ist das Vermischungsverbot gem. AWG 2002 (BGBl. 102/2002) ein limitierender Faktor

Neben der Qualität ist auch der Stabilisierungsgrad des Schlammes ein wichtiger Faktor. Nicht stabilisierte Schlämme unterscheiden sich im Regelfall hinsichtlich des Entwässerungsverhaltens. Außerdem geht von der Behandlung und Manipulation nicht stabilisierter Schlämme zumeist eine unangenehme Geruchsbelastung aus.

5.2 Klärschlammtransport

Die Wirtschaftlichkeit des Klärschlammtransportes steht mit verschiedenen Faktoren in Zusammenhang. Neben der Entfernung sind auch das zur Verfügung stehende Transportmittel sowie der TS-Gehalt des Schlammes maßgebend.

Die folgende Tabelle soll als grober Anhaltspunkt über die Wirtschaftlichkeit von Klärschlammtransport dienen. Sind größere Entfernungen zu überwinden empfiehlt es sich Maßnahmen zu ergreifen, die zu einer Erhöhung des TS-Gehaltes führen.

TS-Gehalt	Transportmittel	Entfernung
< 3 %	Traktor mit Güllefass, Tankwagen	< 10 km
3-6 %	Traktor mit Güllefass, Tankwagen	< 15 km
7 % - 17 %	ungünstige Transporteigenschaften - nach Möglichkeit vermeiden	
18 - 20 %	LKW, Mulde	< 50 km
20 – 40 %	LKW, Sattelzug	< 100 km
> 40 %	LKW, Sattelzug	unbegrenzt

5.3 Klärschlammverwertung

Die Konditionierung des Schlammes hängt sehr eng mit der Klärschlammverwertung zusammen. Viele Betreiber von Verwertungsanlagen verlangen unterschiedliche Mindestkriterien. Kriterien, wie zum Beispiel die Qualität, sind nur schwierig zu verändern. Jedoch kann der TS-Gehalt in Abhängigkeit der Entfernung (Anteil Transportkosten) und der Übernahmekosten durch geeignete Maßnahmen optimiert werden. Eine Maximierung des TS-Gehaltes bedeutet nicht zwangsläufig die wirtschaftlichste Lösung.

5.4 Ausbaugröße der Kläranlagen

Die Ausbaugröße der Kläranlagen innerhalb der zu betrachtenden Region ist vor allem hinsichtlich einer potentiellen maschinellen Vorentwässerung bedeutend. Für Kläranlagen ab einer Ausbaugröße ab 5.000 EGW können Entwässerungsaggregate mit entsprechenden Durchsatzleistungen eine sinnvolle Lösungsmöglichkeit darstellen.

5.5 Nutzung günstiger Energiequellen zur Trocknung

Die Trocknung von Klärschlamm ist vorwiegend für die thermische Verwertungsschiene von Interesse. Potentielle Energiequelle für die Trocknung von Klärschlamm ist jede Anlage bei der nutzbare Abwärme anfällt. Als Beispiele sind hier vor allem Heizkraftwerke oder Müllverbrennungsanlagen zu nennen. Grundsätzlich fällt die Abwärme in unterschiedlichen Temperatursegmenten an. Für jedes dieser Segmente stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung (sh. auch Kapitel 4.3) Klassische maschinelle Trocknungsanlagen sind derzeit jedoch nur für Einzugsgebiete mit > 100.000 EGW von wirtschaftlicher Bedeutung.

5.6 Bereitschaft der Kläranlagenbetreiber

Jeder Kläranlagenbetreiber ist für die ordnungsgemäße, gesetzeskonforme Entsorgung des Klärschlammes verantwortlich. Die gemeinschaftliche Klärschlammbehandlung und –verwertung beruht daher auf dem Prinzip der Freiwilligkeit.

5.7 Empfehlungen für die Abgrenzung von Entsorgungsbereichen

Entsorgungsbereiche sollen folgende Kriterien erfüllen:

1. Zusammenhängendes Gebiet
2. Verkehrstechnisch mit kurzen Wegen verbunden
3. Im Entsorgungsgebiet sollte mindestens 1 Kläranlage > 5.000 EGW bestehen (Option einer stationären Entwässerungseinheit)
4. möglichst einheitliche Schlammqualität
5. Ein TS-Gehalt von 18 – 20 % sollte auf jeden Kläranlagenstandort angestrebt werden. Damit ergeben sich die größten Freiheitsgrade hinsichtlich Transport und Manipulation.
6. ausreichend landwirtschaftlichen Flächen zur Klärschlammaufbringung (falls zutreffend)
7. Einheitliche Verwertungsschiene
8. Bereitschaft der Kläranlagenbetreiber

Von untergeordneter Bedeutung sind:

1. Anzahl und Größe der weiteren Anlagen im Entsorgungsgebiet
2. Politische Grenzen
3. Entfernung zu Klärschlammverwertern

6 Variantenidentifikation

6.1 Grundlagenerhebung

Voraussetzung für die Identifikation sinnvoller Behandlungs- und Verwertungsvarianten ist eine detaillierte Grundlagenerhebung.

Diese muss insbesondere enthalten:

1.) Schlammbezogene Erhebungen

- tatsächliche Schlammengen
- derzeitige Entsorgung
- derzeitige Kosten der Entsorgung
- laufende Verträge
- Funktion und Betriebsführung der Vererdungsbecken
- Klärschlammuntersuchungen
- Klärschlammqualität
- Stabilisierungsgrad
- Entwässerungsgrad (TS-Gehalt)

2.) Kläranlagenbezogene Erhebungen

- Ausbaugröße
- Alter der Anlage
- Verfahren
- Reinigungsziel
- Bemessung (Schlammalter)
- Auslastung (Eigenüberwachung, Fremdüberwachung)
- Anlagenteile zur Schlammbehandlung
- Funktionstauglichkeit dieser Anlagenteile
- Freie Kapazitäten
- Kläranlagenpersonal (Anzahl, Ausbildung, spezielle Kenntnisse)
- Erweiterungsmöglichkeiten (Flächenangebot)
- Entfernung zwischen den Standorten
- Erhebung hinsichtlich potentieller Abnehmer in und um die Region (Landwirtschaft, Landschaftsbau)
- Sonstige Rahmenbedingungen an den Standorten (Stromversorgung, Zufahrten für Schwerverkehr geeignet, Nähe zu Siedlungsgebieten, Zwischenspeicherung Filtratwasser erforderlich? ...)

3.) Klärschlammverwertung

- Nächstgelegene Klärschlammverwertungsmöglichkeiten
- Konditionen für die Übernahme
- Preise
- Übernahmekapazität
- Mittel- bis langfristige Übernahmesicherheit
- Bestehende Verträge

4.) Sonstige

- Aktuelle Marktsituation (Energiekosten, Mobile Entwässerung, Kosten Klärschlamm- und Bodenuntersuchungen, etc.)

6.2 Variantendefinition

Nach der Grundlagenerhebung und deren statistischen Auswertung ist eine Zusammenstellung sinnvoller und umsetzbarer Varianten zu erstellen.

Dazu ist erforderlich die Zieldefinitionen festzulegen. Im Regelfall ist die Zielsetzung die kostengünstigste Entsorgung. Es können jedoch durchaus weitere Kriterien wie Umweltverträglichkeit, CO₂-Ausstoß, Kreislaufwirtschaft, etc. oder eine Mischung unterschiedlich (gewichteter) Kriterien maßgebend sein.

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wird die Durchführung von betriebswirtschaftlichen Analysen vorgeschlagen. Die Berechnung nach LAWA, die sonst im Siedlungswasserbau Anwendung findet, ist für diesen Zweck nur bedingt geeignet, da wesentliche Kostenfaktoren der einzelnen Varianten (Übernahmegebühren Müllverbrennung, Kompostplatz, Lohnentwässerung, ...) marktwirtschaftlich bedingter Schwankungen unterworfen sind, und weiters von nicht vorhersehbaren Rahmenbedingungen (Gesetze, Richtlinien, etc.) maßgeblich beeinflusst werden.

Für überschlägige Berechnungen und zur Ableitung von Tendenzen kann eine Berechnung nach LAWA durchaus nützlich sein, wobei der Betrachtungszeitraum nicht über 25 bis 30 Jahre hinausgehen sollte.

Als Richtwerte für den Wirtschaftlichkeitsvergleich können die im Anhang 1 angeführten Kostenfunktionen herangezogen werden. Die Kostenansätze, die den Funktionen zugrunde liegen entsprechen dem Preisniveau des Jahres 2009 und wurden aus Literaturwerten sowie aus büointernen Erfahrungswerten der Verfasser (tatsächliche Abrechnungskosten vergleichbarer Anlagen) abgeleitet.

Hinweis: Bei Verwendung der Funktionen für diverse Wirtschaftlichkeitsvergleich wird empfohlen, die Kostenfunktionen stichprobenartig auf ihre Aktualität zu überprüfen. Insbesondere sind die Kostenansätze für die „Fremdentwässerung“ sowie die Verwertung (Übernahmegebühr für Verbrennung und Fremdkompostierung) auf Marktkonformität zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Ausgangslage jeglicher Betrachtung ist die Klärschlammqualität. In Entsprechung der gesetzlichen Bestimmungen verbleibt für Schlämme, die nicht den Kriterien der Klärschlammverordnung bzw. der Kompostverordnung entsprechen ausschließlich der Weg in die thermische Verwertung. Ansonsten besteht auch die Möglichkeit einer landwirtschaftlichen Verwertung oder Kompostierung.

In den nachfolgenden Betrachtungen werden Empfehlungen für die Erstellung einer Variantenmatrix hinsichtlich wirtschaftlicher Kriterien aufgelistet.

6.2.1 Landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung im Landschaftsbau

Ist die landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes vorgesehen, ist zu entscheiden, ob eine direkte Verwertung (Aufbringung des Nassschlammes oder vorentwässerten Schlammes auf landwirtschaftlich genutzte Flächen) erfolgen soll, oder der Schlamm über die Kompostierung in die Landwirtschaft bzw. den Landschaftsbau gelangt.

Direkte Verwertung:

Wie bereits in vorstehenden Kapiteln erwähnt, ist diese Entsorgungsvariante aufgrund gesetzlicher, förderungstechnischer und anderer ungünstiger Rahmenbedingungen eher selten anzutreffen und möglich.

Speziell bei kleineren Kläranlagen (< 1.000 EGW) wird diese Verwertungsmöglichkeit im Regelfall schon während der Planung bzw. des Baues geprüft, und im Falle eines positiven Ergebnisses auch umgesetzt. Änderungen der Verwertungsart im Sinne einer gemeinschaftlichen Klärschlamm Entsorgung sind nur dann von Interesse, wenn seitens des Übernehmers keine Verlängerung der Übernahme garantiert wird, oder die monetären Forderungen alternative Verwertungsmöglichkeiten erzwingen.

Sofern die Grundbedingung – ausreichend geeignete Flächen zur Klärschlammaufbringung – erfüllt ist, besteht auch für eine gemeinschaftlich organisierte Klärschlammbehandlung und -verwertung die Möglichkeit der direkten Verwertung.

Dabei sind für die Variantenfindung über allfällig erforderliche Behandlungsschritte folgende Kriterien von Bedeutung:

- Entfernung der Flächen vom Kläranlagenstandort
- Verfügbare Geräte zur Ausbringung
- Schlammbehandlung am Kläranlagenstandort

Kompostierung:

Die direkte Verwertung stellt eher die Ausnahme von der Regel dar. Die klassische Verwertungsschiene des Schlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau erfolgt über Kompostierungsanlagen.

Für die Kompostierung des Schlammes ist ein Mindest-TS des Schlammes von 20 % erforderlich, um das Aufsetzen der Mieten zu ermöglichen. In Ausnahmefällen wird von Betreibern von Kompostanlagen auch Schlamm mit einem geringeren TS übernommen. Dabei handelt es sich jedoch zumeist um Kleinstmengen.

In den o.a. Betrachtungen wurde von einer „Fremdkompostierung“ ausgegangen. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, innerhalb des Entsorgungsgebietes auch die Errichtung und den Betrieb eines eigenen Kompostplatzes umzusetzen.

Daraus ergeben sich 2 Ebenen für die Variantenfindung:

1. Klärschlammbehandlung zur Erreichung von ca. 18 - 20 % TS
2. Vergleich „Fremdkompostierung“ - Eigenkompostierung

Ausgehend von den Erkenntnissen aus der Grundlagenerhebung (Schlammmenge –qualität, bestehende Anlagen, ...) sind nunmehr Varianten zu untersuchen, die als Zieldefinition die Erreichung eines TS-Gehaltes von 20 % enthalten.

Anmerkung: Obwohl wie bei der Verbrennung des Schlammes auch bei der Kompostierung die Verrechnung für die Übernahme in EURO/to erfolgt, ist ein höherer TS-Gehalt des Schlammes nicht von so großer Bedeutung. Dies darum, da

1. die Entfernungen zu den Kompostplätzen mit Klärschlammverwertung im Regelfall geringer sind als zu Verbrennungsanlagen, und
2. die Kosten für die Übernahme deutlich geringer sind als für die Verbrennung.

Mit anderen Worten: Die Kosten für die Errichtung und den Betrieb von Nachbehandlungsanlagen, die einen TS > 40 % zur Folge haben, überwiegen gegenüber den erzielbaren Einsparungen für Transport und Übernahme.

Für diese Verwertungsschiene lassen sich daher 3 Grundvarianten ableiten:

Nr.	Kurzbeschreibung	Erreichbarer TS	zu berücksichtigen
1	Einzelmaßnahmen an den jeweiligen Standorten. (z.B. Überdachung von bestehenden Vererdungsanlagen, etc.)	18 – 20 %	1. Baulicher Zustand der bestehenden Anlagen
2	Entwässerung des Schlammes durch Lohnentwässerungsunternehmen	> 25 %	1. Übernahmekosten entsprechend TS-Gehalt
3	Anschaffung und Betrieb eines mobilen Entwässerungsaggregates durch die Kläranlagenbetrieb im betrachteten Gebiet	> 20 %	1. Bestehende Anschlussleistung (kW) am Standort 2. Filtratwasserbehandlung 3. Weiternutzung bestehender Anlagen (z.B. Vererdungsbecken) für Lagerung und Nachtrocknung 4. Transport zum Verwerter 5. Übernahmekosten entsprechend dem TS - Gehalt

Ergänzende Erläuterungen zu den Grundvarianten:

Einzelmaßnahmen an den jeweiligen Standorten:

Zur Erreichung des Ziel-TS > 18 – 20 % stehen neben der maschinellen Entwässerung lediglich Vererdungsbecken zur Verfügung. Klassische Trockenbeete werden aufgrund des Flächenbedarfes und der aufwändigen Bewirtschaftung nicht mehr in Erwägung gezogen.

Vielfach sind bei kleinen Kläranlagen in Niederösterreich mit einer Ausbaugröße < 5.000 EGW als Schlammbehandlungseinrichtungen Schlammspeicher oder die Kombination Schlammspeicher und Klärschlammvererdungsanlagen anzutreffen. Erfahrungen beim Betrieb von Vererdungsanlagen zeigen, dass im Durchschnitt 12 – 15 % TS in den Vererdungsbecken erreicht werden. Eine Verbesserung des TS-Gehaltes kann einerseits durch bauliche Maßnahmen (z.B. Abdeckung zum Schutz vor Niederschlagswasser) erzielt werden und andererseits durch eine verbesserte Betriebsführung (gezielte Aufbringung zu klimatisch günstigen Zeiten, kleinere Mengen in kürzeren Intervallen) erreicht werden. Für Anlagen, die bisher nur über einen Schlammspeicher verfügen und die den Schlamm derzeit von Lohnunternehmen entwässern lassen, ist bei der Variante 1 die nachträgliche Errichtung einer Vererdung incl. Überdachung zu berücksichtigen.

Entwässerung des Schlammes durch Lohnentwässerungsunternehmen:

Diese Variante berücksichtigt die Entwässerung des Schlammes aus allen Anlagen durch ein Klärschlammmentwässerungsunternehmen. Bei Inanspruchnahme spezialisierter Unternehmen kann von der Erreichung eines TS-Gehaltes von 25 % ausgegangen werden. Der entwässerte Schlamm kann entweder in bestehenden Strukturen (z.B. Vererdungsbecken) zwischengelagert und anschließend gemeinschaftlich verwertet werden, oder vom Unternehmen abtransportiert werden.

Maßnahmen für unzureichende Stromversorgung sind vom Entwässerungsunternehmen einzukalkulieren (Bereitstellung geeigneter Generatoren). Die Rückführung des Filtrates gestaltet sich bei dieser Art der Entwässerung vielfach problematisch. Die Unternehmen arbeiten zumeist im Schichtbetrieb mit Geräten mit hoher Durchsatzleistung. Die dabei anfallenden Filtratwassermengen können zumeist nicht direkt in den Kläranlagenzulauf eingeleitet werden, da dies häufig zur Überlastung der Anlage führt. Speichermöglichkeiten für das anfallende Filtratwasser sind vielfach nicht vorhanden. Manche Anlagen verfügen über 2-geteilte Schlammspeicher, sodass ein Teilbecken als Speicher genutzt werden kann, und somit eine vergleichmäßigte Rückführung möglich ist. Bei dieser Variante ist allenfalls die Errichtung von Filtratspeicherbecken zu berücksichtigen.

Anschaffung und Betrieb eines mobilen Entwässerungsaggregates:

Diese Variante sieht die Anschaffung eines mobilen Entwässerungsaggregates der Kläranlagenbetreiber innerhalb des Entsorgungsgebietes vor.

Bei der Wahl des Entwässerungsaggregates kann sehrwohl auf bestehende Strukturen (Stromversorgung, Filtratwasserproblematik) Rücksicht genommen werden, indem nur Aggregate in die engere Wahl genommen werden, die über eine geringe Anschlussleistung und geringe Durchsatzmengen verfügen. (z.B. Schneckenpressen)

Außerdem könnte der Betrieb des Entwässerungsaggregates auf die Nachstunden (belastungsschwache Zeit) beschränkt werden, und so die Errichtung von Speichervolumen für das Filtrat minimiert oder gänzlich vermieden werden.

Sollten dennoch Zusatzmaßnahmen in den angesprochenen Bereichen erforderlich sein, sind diese bei der Gegenüberstellung entsprechend zu berücksichtigen.

Zusätzlich ist bei dieser Variante die Schaffung einer Abstellmöglichkeit des mobilen Aggregates zu berücksichtigen. Idealerweise an jenem Standort mit der größten Ausbaugröße.

Für die Bedienung des Aggregates empfiehlt sich 2 Personen auszubilden und einzuschulen, die innerhalb des Entsorgungsbereiches sämtliche Entwässerungen durchführen.

Der entwässerte Schlamm kann entweder direkt in Container abgeworfen und verführt werden, oder z.B. in den Boxen bestehender Vererdungsanlagen zwischengelagert werden. Hierbei empfiehlt sich zumindest 1 Box zu überdachen, um eine Verschlechterung des TS-Gehaltes aufgrund von Niederschlägen zu vermeiden. Je nach Dauer der Zwischenlagerung ist auch ein Nachentwässerungseffekt zu beobachten. Für die Berechnung der Grundvarianten wird empfohlen diesen Effekt unberücksichtigt zu lassen, da einerseits eine rechnerische Erfassung schwer möglich ist, und andererseits gesicherte Erfahrungswerte hinsichtlich der Nachrocknung derzeit nicht verfügbar sind.

Tendenzen hinsichtlich der wirtschaftlichsten Lösungen sind nach Durchrechnung der Grundvarianten ableitbar. Je nach Erfordernis sind in weiterer Folge detailliertere Betrachtungen bezüglich der einzelnen Standorte vorzunehmen.

Hinsichtlich Verwertung (Kompostierung) des Schlammes sind ergänzende Untersuchungen bezüglich „Fremdkompostierung“ und Kompostierung auf einer eigenen Anlage (Eigenkompostierung) vorzunehmen. Die daraus resultierenden Grundvarianten sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Nr.	Kurzbeschreibung	zu berücksichtigen
1	Fremdkompostierung	1. Transport zu Kompostanlage 2. Kosten für Übernahme des Klärschlammes
2	Eigenkompostierung	1. Transport zur eigenen Kompostanlage 2. Errichtung und Betrieb des Kompostplatzes 3. (Kosten für Kompostverwertung)

Ergänzende Erläuterungen:

Fremdkompostierung:

Bei dieser Variante wird der Schlamm zu einer geeigneten Kompostanlage transportiert und dort zu Kompost verarbeitet. Mit der Bezahlung der Kosten für die Übernahme durch den Kompostplatzbetreiber ist der Schlamm als ordnungsgemäß entsorgt zu betrachten.

Eigenkompostierung:

In obiger Tabelle sind die Kosten für die Verwertung in Klammern gesetzt, da im Regelfall davon ausgegangen werden kann, dass für diesen Posten keine Kosten anfallen. Der erzeugte Kompost sollte im Privatbereich (z.B. Anlagen von Grünflächen im Zusammenhang mit dem Einfamilienhausbau, ...) oder im öffentlichen Bereich (Landschaftsbau – Begrünung und Düngung von öffentlichen Flächen oder für Begleitmaßnahmen im Straßenbau etc.) unentgeltlich verwertet werden können. Diesbezüglich sind entsprechende Vorerhebungen durchzuführen. Sollte die Verwertung nicht sichergestellt sein, sind ggf. Kosten für die Verwertung des Kompostes anzusetzen.

Im Rahmen des Wirtschaftlichkeitsvergleiches der Grundvarianten sollte ausschließlich von der Kompostierung von Klärschlamm ausgegangen werden. Der Klärschlamm wird mit Strukturmaterial (z.B. Stroh) vermischt und kompostiert. Die Nutzung des Platzes zur Kompostierung von Baum- und Strauchschnitt, Grünschnitt etc. bleibt bei dieser Betrachtung vorerst unberücksichtigt, um die Vergleichbarkeit der Varianten zu bewahren.

6.2.2 Thermische Verwertung

Wie bereits im Abschnitt 3.2 erwähnt errechnen sich die Kosten für die thermische Verwertung nach im Regelfall nach EURO/to. Demnach sind Lösungsmöglichkeiten zu suchen, die einen möglichst hohen Trockensubstanzgehalt des Schlammes zum Ziel haben, um sowohl die Kosten für die Übernahme als auch die Transportkosten gering zu halten.

Daneben ist den Übernahmebedingungen der Verwerter Beachtung zu schenken.

Ergebnis dieser Analyse ist:

1. Identifikation potentielle Übernehmer
2. Übernahmekriterien der Verwerter
3. Übernahmekosten in €/to
4. mögliche jährliche Übernahmemenge
5. Feststellung ob die Abnahme der jährlichen Schlammmenge mittel- bis langfristig gesichert ist

Je nach Übernahmekriterien der jeweiligen potenziellen Übernehmer können nunmehr die mögliche Verfahrensschritte und sonstige Behandlungsmaßnahmen identifiziert werden, die erforderlich sind, um den Schlamm entsprechend der Zielvorgaben zu konditionieren.

Ausgangsbasis für die Variantenerstellung ist die Zusammenstellung der bestehenden Anlagenteile je Kläranlage samt den dort durchschnittlich erreichten TS-Gehalten.

Der nächste Schritt ist die Erarbeitung von Behandlungsmöglichkeiten am jeweiligen Kläranlagenstandort, die einen TS-Gehalt von 18 – 20 % gewährleisten. Diese Möglichkeiten sind anlagenspezi-

fisch unter Zugrundelegung vorhandener Strukturen zu erarbeiten. (z.B. nachträgliche Überdachung der Vererdung, maschinelle Vorentwässerung,).

Die Auswertungen der Grundlagenerhebung geben Aufschluss, welche Anlagen grundsätzlich für die Errichtung von Schlammbehandlungsanlagen geeignet sind. Dabei sollte unterschieden werden, ob das zur Verfügung stehende Flächenangebot an den jeweiligen Standorten auch die Mitbehandlung von Schlämmen aus anderen Anlagen erlaubt. Die Errichtung einer Schlammbehandlungsanlage ist nicht zwingend an eine bestehende Kläranlage gebunden. Je nach Maßnahme, Flächenverfügbarkeit, Erreichbarkeit, Infrastruktur und geografischer Lage sollten auch andere geeignete Standorte in die Betrachtungen miteinbezogen werden. (z.B. Trocknung des Schlammes im unmittelbaren Nahbereich von potentiellen Energiequellen und Abnehmern. (Heizwerke,)

Für die Variantenfindung ergeben sich daher folgende grundsätzliche Möglichkeiten:

Nr.	Kurzbeschreibung	Erreichbarer TS	zu berücksichtigen
1	Abtransport des vorentwässerten Schlammes zum Verwerter	18 – 20 %	1. Transport zum Verwerter; 2. Übernahmekosten entsprechend dem TS - Gehalt
2	Nachtrocknung in einer zentralen überdachten Nachrocknungsanlage (mit oder ohne Wendeanlage)	40 – 50 %	1. Transport zur Nachrocknung 2. Errichtung und Betrieb der Nachrocknung 3. Transport zum Verwerter 4. Übernahmekosten entsprechend dem TS - Gehalt
3	Errichtung und Betrieb einer solaren Trocknungsanlage	60 - 80% Je nach Dimensionierung und klimatischen Verhältnissen	1. Transport zur solaren Trocknung 2. Errichtung und Betrieb der solaren Trocknung 3. Transport zum Verwerter 4. Übernahmekosten entsprechend dem TS – Gehalt
4	Errichtung und Betrieb einer maschinellen Trocknungsanlage (dzt. nur für große Einzugsbereiche (>100.000 EGW) sinnvoll.	> 80 %	5. Transport zur Trocknungsanlage 6. Errichtung und Betrieb der Trocknungsanlage 7. Transport zum Verwerter 8. Übernahmekosten entsprechend dem TS – Gehalt

Sollten weitere Kriterien für die Beurteilung von Interesse sein, sind diese entsprechend zu berücksichtigen und zu bewerten.

Die Betrachtung der oben angeführten Grundvarianten gibt zumindest Aufschluss in welche Richtung die Behandlung tendiert.

Ausgehend von der Hauptvariante können bei Bedarf Subvarianten erarbeitet werden, die das optimale Kosten – Nutzen - Verhältnis unter Konkretisierung der Ausbaugröße bzw. Maschinentyp der Anlage, anzustrebender Ziel-TS, tatsächlicher Transportwegen und sonstiger kostenrelevanter Faktoren zum Ziel haben.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

7.1 Verwertung des Klärschlammes

Derzeit stehen in Österreich prinzipiell 2 Verwertungsschienen für den Klärschlamm zur Verfügung:

1. Verwertung in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau (direkte Verwertung oder über Kompostierung)
2. Thermische Verwertung (Verbrennung)

Für die Verwertung des Schlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau ist der Trockensubstanzgehalt des Schlammes im Regelfall nicht von so großer Bedeutung wie bei der Verbrennung. Obwohl die Übernahme des Schlammes üblicherweise in Euro/Tonne abgerechnet wird, steht der finanzielle Aufwand für die Errichtung und den Betrieb von Einrichtungen für eine weitergehende Entwässerung (>18 – 20 %) oder Trocknung des Schlammes zumeist in keinem wirtschaftlichen Verhältnis.

Anders bei der thermischen Verwertung. Einerseits sind die Kosten für die Übernahme deutlich höher als in der Landwirtschaft oder bei einem Kompostanlagenbetreiber. Andererseits sind auch die Transportwege zur Verbrennungsanlage im Durchschnitt länger, sodass der Faktor Transport auch an Bedeutung gewinnt.

Die technische Klärschlamm-trocknung wird als dezentrale Verfahrenstechnik nur dort wirtschaftlich einsetzbar sein, wo (bisher ungenutzte) Abwärme unmittelbar verfügbar ist. Aus betrieblichen Gründen kommt dies aber nur für große Anlagen in Frage. Bei kleineren und mittelgroßen Anlagen ist der Einsatz von solaren Trocknungsanlagen im Einzelfall zu prüfen.

7.2 Regionale Klärschlammbehandlung

Aufgrund verschärfter gesetzlicher Bestimmungen zum Beispiel zur Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, das Deponierungsverbot von Klärschlamm, etc. aber auch aufgrund der eingeschränkten Verwertungsmöglichkeit des Schlammes in der Landwirtschaft (entgegenwirkende Förderrichtlinien in der Landwirtschaft, Akzeptanz der Konsumenten,...) gewinnt die Klärschlammbehandlung und die daraus resultierenden Kosten immer mehr an Bedeutung.

Für viele der kleinen und mittleren Kläranlagen wird es unumgänglich sein, sich im Rahmen regionaler Lösungen zu organisieren, um geeignete Vorbehandlungsschritte durchzuführen und verfügbare Transportvarianten optimal nutzen zu können. Größere Anlagen werden sich darauf einstellen müssen, vermehrt Fremdschlamm aus Kleinanlagen zur Weiterbehandlung zu übernehmen. Hierbei sind im Rahmen der regionalen Konzepte sowohl die verfügbaren Kapazitäten und die hierfür erforderliche Infrastruktur in die Überlegungen miteinzubeziehen.

Anzumerken ist, dass jeder Kläranlagenbetreiber als autonome Einheit anzusehen ist, und die Verantwortung einer gesetzeskonformen Klärschlamm-entsorgung bei ihm liegt. Eine zwangsweise Eingliederung in ein regionales Entsorgungskonzept ist derzeit rechtlich nicht möglich. Eine gemeinsame Klärschlammbehandlung und –verwertung des Schlammes innerhalb einer Region unterliegt daher der Bereitschaft der Betreiber sich zu beteiligen!

Aus verfahrenstechnischer Sicht wird sich der Schwerpunkt der Schlammvorbehandlung auf die Massen- und Volumsverringerung vor dem Transport zu einer weiteren Behandlungsstufe konzentrieren.

Standortbezogen bedeutet dies, dass, unabhängig von der Verwertung des Schlammes, ein Trockensubstanzgehalt von >18 - 20 % anzustreben ist. Das kann sowohl durch „naturnahe“ Verfahren (z.B. Eindickung, Vererdung) oder durch maschinelle Entwässerung erreicht werden.

Lediglich bei Kleinanlagen < 50 EGW ist der Transport des Nassschlammes (3 - 5%) zur Weiterbehandlung des Schlammes zu einer größeren Anlagen vielfach wirtschaftlicher, als eigene Behandlungsanlagen zu errichten und zu betreiben.

Für die Eingrenzung von Regionen zur gemeinschaftlichen Klärschlammbehandlung und –verwertung sind folgende Faktoren bestimmend:

1. Bereitschaft der Kläranlagenbetreiber
2. Zusammenhängendes Gebiet
3. Verkehrstechnisch mit kurzen Wegen verbunden
4. Im Entsorgungsgebiet sollte mindestens 1 Kläranlage > 5.000 EGW bestehen (eröffnet die Möglichkeit der maschinellen Entwässerung (stationär oder mobil))
5. möglichst einheitliche Schlammqualität
6. Ein TS-Gehalt von 18 – 20 % sollte auf jeden Kläranlagenstandort angestrebt werden. Damit ergeben sich die größten Freiheitsgrade hinsichtlich Transport und Manipulation.
7. ausreichend landwirtschaftlichen Flächen zur Klärschlammabfuhr (falls zutreffend)
8. Einheitliche Verwertungsschiene

Als Voraussetzung für die Weiterbehandlung und Konditionierung des Schlammes unabhängig von der Verwertung sollte ein Mindesttrockensubstanzgehalt auf jedem Standort von > 18 % erreicht werden.

Basierend auf einer umfassenden Grundlagenerhebung und unter Berücksichtigung bestehender Behandlungsanlagen bietet sich für die Standorte der betrachteten Region die Untersuchung folgender Basisvarianten an:

Nr.	Basisvarianten zur Erreichung eines Trockensubstanzgehaltes von: TS > 18 – 20 %
1	Einzelmaßnahmen an den jeweiligen Standorten (Vererdungsanlagen, ...)
2	Entwässerung des Schlammes durch Lohnentwässerungsunternehmen
3	Anschaffung und Betrieb eines stationären „eigenen“ Entwässerungsaggregates und Transport von Nassschlamm von Kleinanlagen zum jeweiligen Standort
4	Anschaffung und Betrieb eines mobilen „eigenen“ Entwässerungsaggregates

Für die weiteren Behandlungsschritte ist die angestrebte Verwertung des Schlammes von Bedeutung. Bei der **Verwertung in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau** stellt die direkte Aufbringung des Schlammes auf landwirtschaftlich genutzte Flächen in der näheren Umgebung eine theoretisch mögliche Option dar. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeit dieser Verwertungsschiene (z.B. nicht ausreichend verfügbare geeignete Flächen, ...) ist zumeist der Umweg über Kompostierungsanlagen erforderlich.

Sofern der Kompost in oder um die betrachtete Region abgesetzt werden kann, ist die Errichtung und der Betrieb einer gemeinschaftlich betriebenen Kompostanlage denkbar.

Daraus ergeben sich nachfolgende Basisvarianten:

Nr.	Basisvarianten KOMPOSTIERUNG
1	Fremdkompostierung
2	Eigenkompostierung und Verwertung in der Landwirtschaft bzw. Landschaftsbau

Für die weiteren Behandlungsschritte im Falle einer **thermischen Verwertung** bietet sich die Untersuchung folgender Basisvarianten an:

Nr.	Basisvarianten THERMISCHE VERWERTUNG
1	Thermische Verwertung des vorentwässerten Schlammes (18-20%) ohne zusätzliche Trocknungsmaßnahmen
2	Nachtrocknung in einer (zentralen) überdachten Nachtrocknungsanlage (mit oder ohne Wendeanlage)
3	Errichtung und Betrieb einer solaren Trocknungsanlage
4	Errichtung und Betrieb einer maschinellen Trocknungsanlage

Nach Auswertung der Basisvarianten kann eine Tendenz hinsichtlich der Behandlung des Schlammes abgeleitet werden. Darauf aufbauend sind je nach Bedarf detailliertere Untersuchungen durchzuführen.

7.3 Kosten der Klärschlammbehandlung und -verwertung

Für die einzelnen Behandlungsschritte und Verwertungsmöglichkeiten wurden für die Investitionskosten und Betriebskosten Kostenfunktionen erarbeitet (Anhang 1), die als Basis für Wirtschaftlichkeitsberechnungen herangezogen werden können.

Die Erstellung eines landesweit anwendbaren, standardisierten Berechnungsmodells für einen Zeitraum von mindestens 25 – 30 Jahre ist nicht realisierbar, zumal viele der maßgebenden Kostenfaktoren nicht im Einflussbereich des Kläranlagenbetreibers liegen, sondern der Marktwirtschaft und/oder der geografischen Lage des Entsorgungsbereiches unterworfen sind. Das betrifft insbesondere die Kosten für die Verbrennung, Fremdkompostierung aber auch die Transportkosten.

Daneben unterliegt die gemeinschaftliche Klärschlamm Entsorgung der einvernehmlichen Zustimmung der betroffenen Betreiber innerhalb der zu betrachtenden Region. (Entsorgungsautonomie) – eine Tatsache, die ebenfalls unkalkulierbar ist.

Für die Berücksichtigung von Maßnahmen zur Verbesserung der Klärschlammqualität, zum Beispiel die Errichtung und den Betrieb von Wasseraufbereitungsanlagen (Entsäuerung), und damit verbunden Folgewirkungen im Hinblick auf die Entsorgung, sind im Rahmen von Klärschlammbehandlungs- und Entsorgungskonzepten spezielle Erhebungen durchzuführen und allenfalls zu berücksichtigen. Eine Standardisierung ist ebenfalls nicht möglich.

Für die Ermittlung der für die Region günstigsten Entsorgungsvariante bieten sich daher betriebswirtschaftliche Analysen für einen Zeitraum von 10 – 15 Jahren an. Dieser Zeitraum entspricht etwa der kalkulatorischen Lebensdauer der maschinellen Ausrüstung für die Klärschlamm entwässerung. Entwicklungen hinsichtlich Verwertung des Schlammes sowie die Entwicklungen aller maßgeblichen Kostenfaktoren können im Regelfall für diese Zeitspanne noch realistisch erfasst werden.

7.4 Zusammenfassende Feststellung

Zusammenfassend wird festgestellt, dass zukünftig eine gemeinschaftliche Klärschlammbehandlung und –verwertung immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Bevor Maßnahmen an einzelnen Standorten umgesetzt werden sollen, empfiehlt es sich die Möglichkeit übergeordneter gemeinschaftlicher Lösungen bzw. die Kompatibilität mit übergeordneten Maßnahmen zu überprüfen, ob mit einer gemeinschaftlichen Vorgangsweise wirtschaftliche Vorteile lukriert werden können.

A.1 Anhang 1
Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

A.1 Anhang 1 Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

A.1.1 Allgemeine Annahmen

Festlegungen Schlammengen:
 Spezifische Schlammproduktion: 18 kg TS/a, EGW

Sämtliche angegebenen Kosten verstehen sich excl. USt.

A.1.2 Wirkung einzelner Anlagenteile

Die Schlammmentwässerung durchläuft bis zur endgültigen Verwertung unterschiedliche Stationen bzw. Behandlungsschritte. Nachfolgend sind die einzelnen Behandlungsschritte samt der erwarteten Wirkung aufgelistet.

Bei der Festlegung der Wirkung (erreichbare Entwässerung) wurden Durchschnittswerte herangezogen. Damit ist in den Berechnungsmodellen eine weitestgehende Gleichbehandlung der Varianten möglich. Spezielle Betriebsergebnisse zufolge sehr guter oder ungünstiger Betriebsführung, oder auf Einflüsse standortspezifischer Witterungseinflüsse u.ä. bleiben unberücksichtigt.

Naturnahe Verfahren	Eingangs-TS	Ziel-TS
Schlamm Speicher	0,9 %	3,0 %
Vererdungsbecken ohne Überdachung	3,0 %	13,0 %
Vererdungsbecken mit Überdachung	3,0 %	20,0 %

Maschinelle Entwässerung	Eingangs-TS	Ziel-TS
Schneckenpresse	3,0 %	20,0 %
Siebbandpresse	3,0 %	18,0 %
Zentrifuge	3,0 %	25,0 %
Sackentwässerung incl. Nachlagerung	3,0 %	70,0 %

Für die Trocknung des Schlammes wurde die Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes festgelegt. Dieser Ansatz geht von der Annahme aus, dass eine definierte Anlagengröße die beschriebene Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes zur Folge hat. Der End-Trockensubstanzgehalt ist daher von der Vorbehandlung des Schlammes abhängig.

Klärschlamm-trocknung	Erhöhung TS
Überdachte Nachrocknung ohne Wendeeinrichtung	+ 20,0 %
Überdachte Nachrocknung mit Wendeeinrichtung	+ 30,0 %
Solare Trocknung	+ 40,0 %
Maschinelle Trocknungsanlagen	+ 50,0 %

A.1.3 Kostenfunktionen

Die Basis für die Funktionen bilden Ausschreibungs- und Abrechnungsergebnisse der mit der Studie befassten Ingenieurbüros, sowie Literaturkennwerte.

Die Betriebskosten wurden getrennt für unterschiedliche Kostengruppen ermittelt. Grundlage sind aktuelle Preise von Betriebsmitteln, Energie, etc., Erfahrungswerte für Energie- und Betriebsmittelverbrauch.

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Personalkosten | 25 €/Stunde |
| 2. Energie | 0,12 €/kWh |
| 3. Polymer: | 5,00 €/kg |
| 4. Trinkwasser | 1,20 €/m ³ |
| 5. Wartung | 1,50 % der Investitionskosten maschinell |

In den nachfolgenden Kostendiagrammen sind sowohl die Einzelkomponenten der Betriebskosten als auch die Gesamtbetriebskosten dargestellt. Für jeden Anlagenteil bzw. für jede Dienstleistung werden die Kosten je Einwohnergleichwert (EGW) oder m³ Schlamm unter Angabe des TS – Gehaltes ausgewiesen.

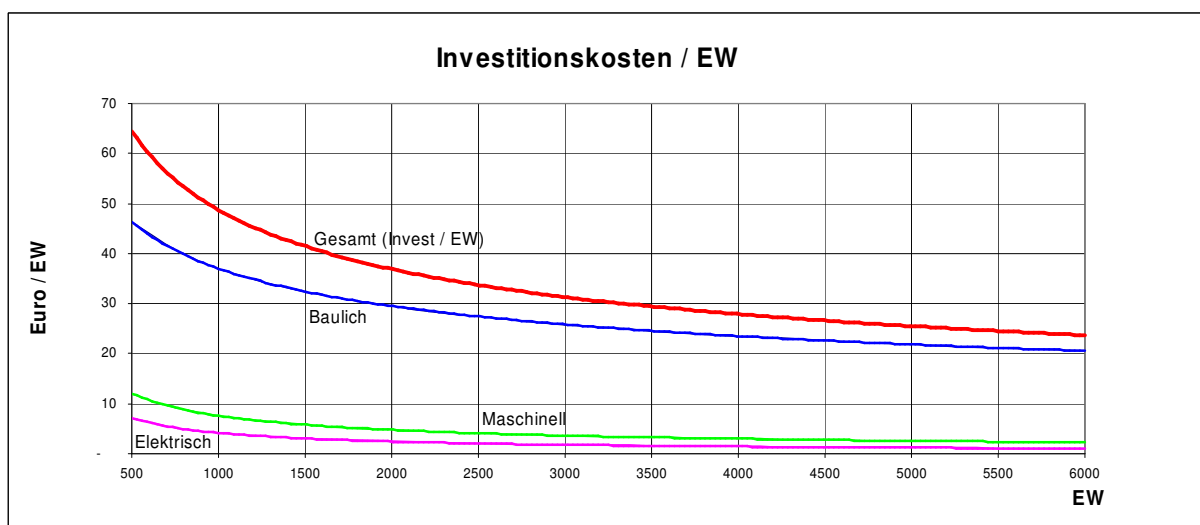
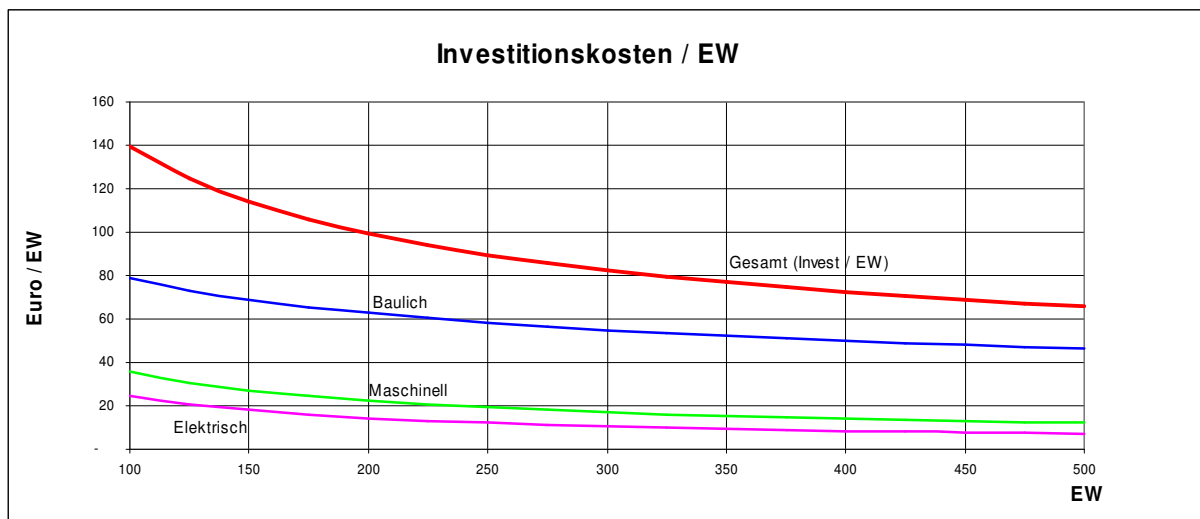
Kosten für Grundstücksbeschaffung oder andere individuelle nicht standardisierbare Kostenfaktoren werden nicht berücksichtigt. Diese sind je nach Zutreffen mit Zu- oder Abschlägen zu berücksichtigen.

A.1.3.1 Schlamm-speicher

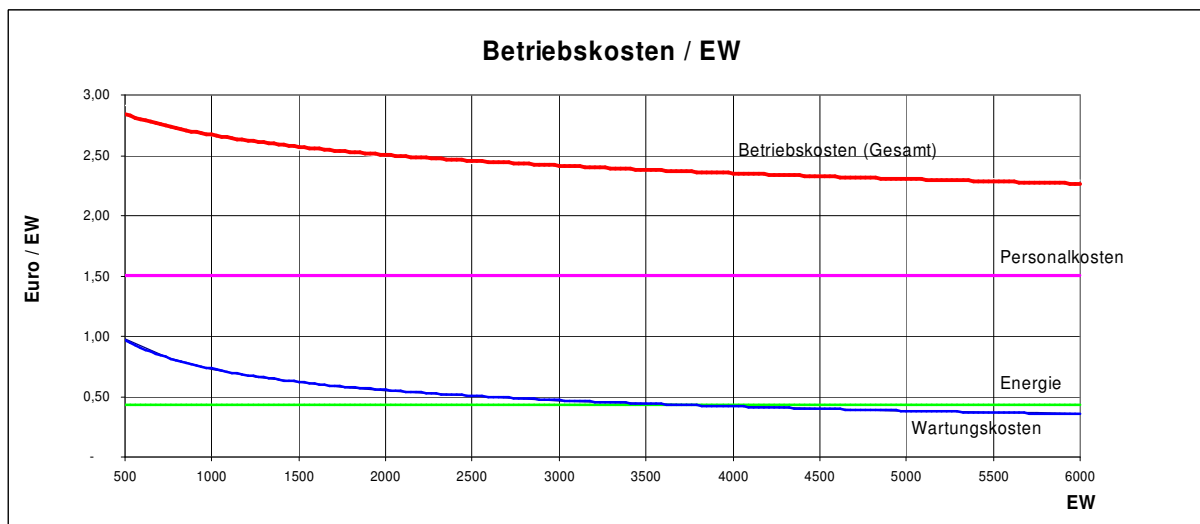
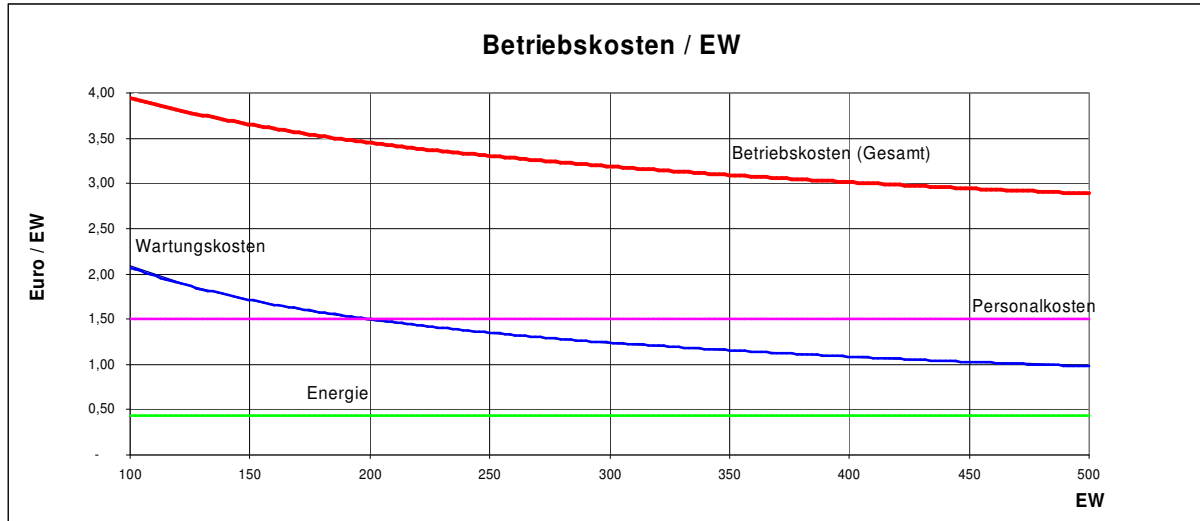
Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Beton oder Stahlbehälter mit ebener Sohle
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> 1 Rührwerk oder Umwälzpumpe 1 Trübwasserabzug 1 Entnahmeleitung (Bauer-Kupplung) incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektro- und MSR-Technik	<ul style="list-style-type: none"> Füllstandsmessung, Einbindung in das Steuerungs- und Alarmierungssystem

Für die Kostenermittlung wurden folgende Annahmen getroffen:

Investitionskosten	
Speicherkapazität	6 Monate
Auslastung	100 %
TS-Gehalt nach Eindickung	3 %



Betriebskosten	
Personalbedarf	0,1 h / m ³ Schlamm (3%), Jahr
Wartung und Instandhaltung	1,5 % der Investitionskosten
Energiebedarf	6 kWh/m ³ Schlamm (3%), Jahr
Betriebsmittel	Keine

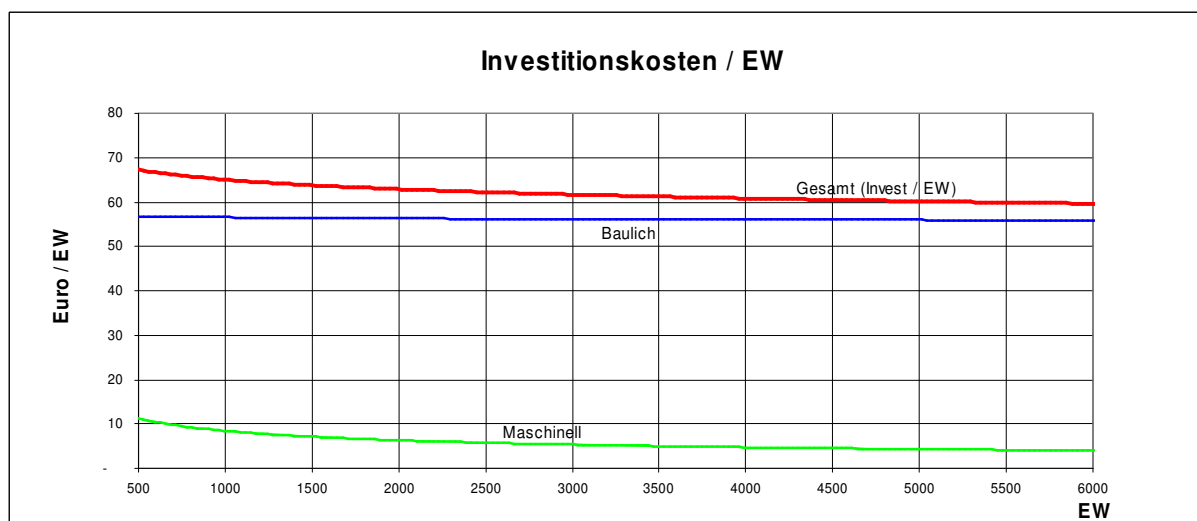
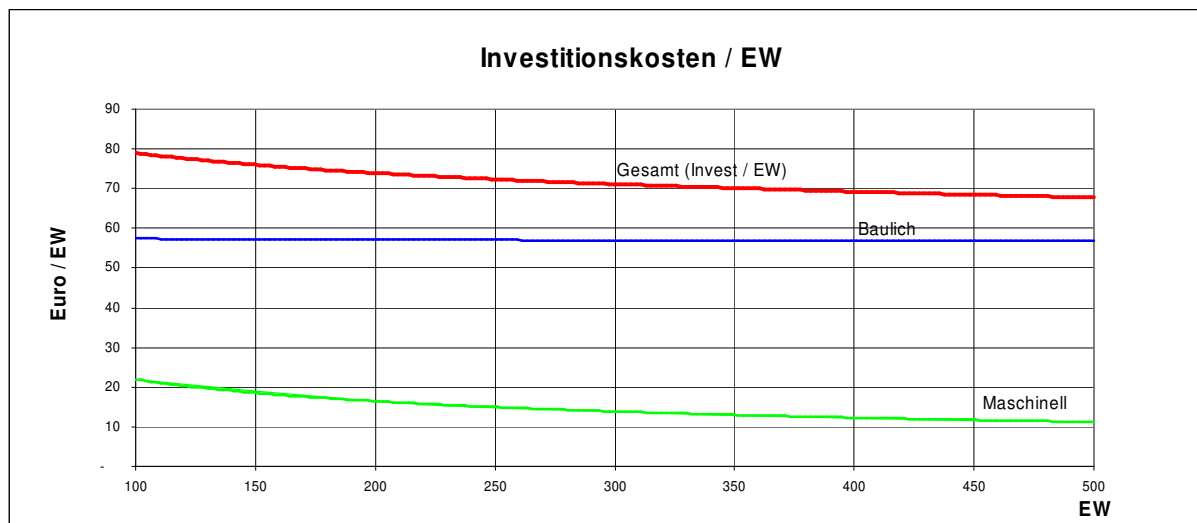


A.1.3.2 Vererdung

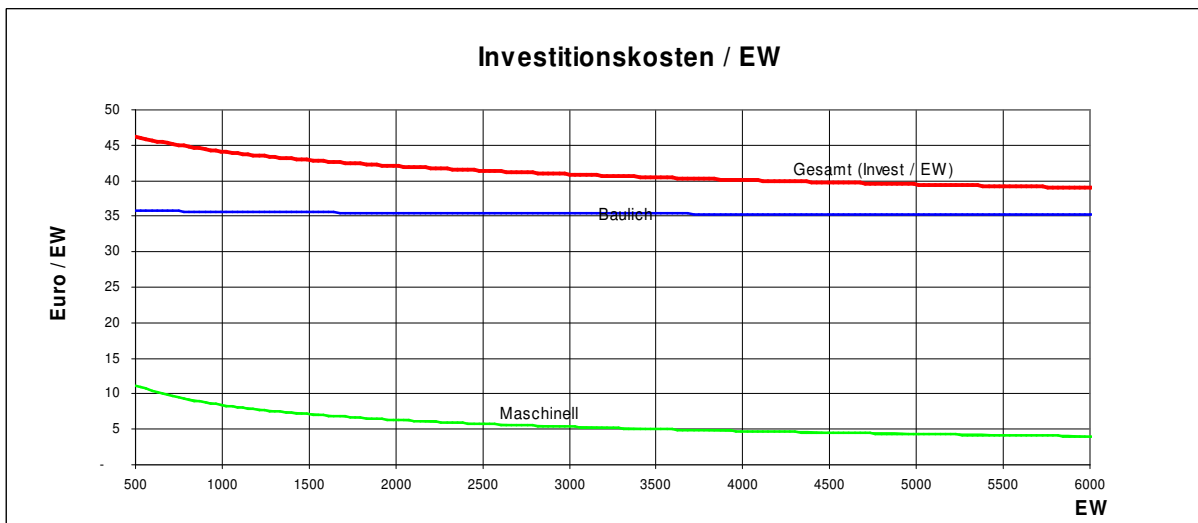
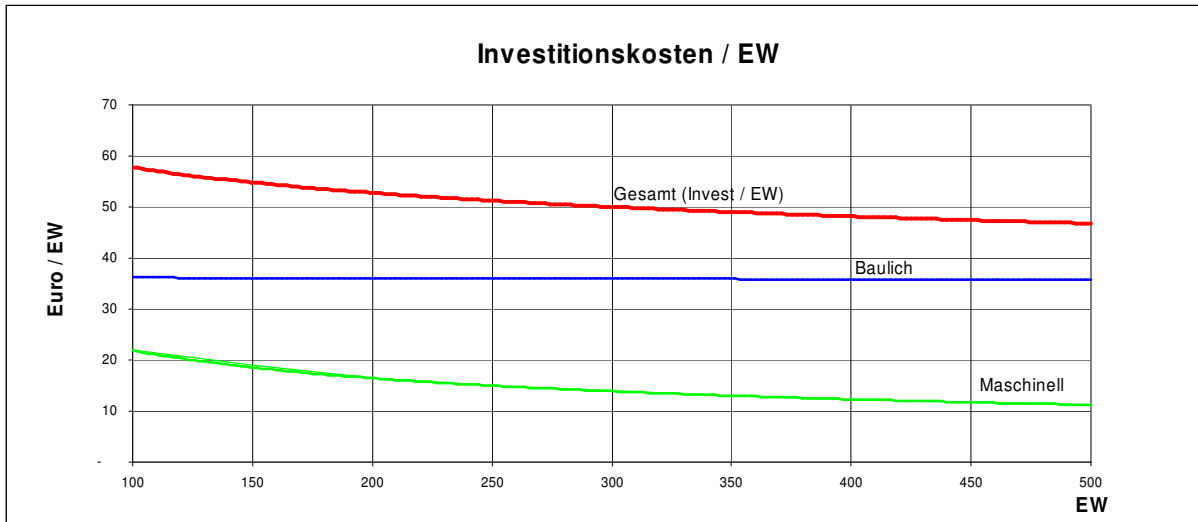
Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Betonbauweise 2,5 m²/EW Folienbauweise 2,5 m²/EW
Überdachung (optional)	<ul style="list-style-type: none"> starre Dachkonstruktion mit Holz- oder Stahlstützen, einen Holz- oder Stahldachstuhl mit Blechdach oder Wellplatten Folientunnel, bestehend aus einem Stützgerüst und einer lichtdurchlässigen Folie.
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> Verteilssystem Sickerwasserrückführung im Freispiegel incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektrotechnik	<ul style="list-style-type: none"> Anschlüsse und Leitungen

Für die Kostenermittlung wurden folgende Annahmen getroffen:

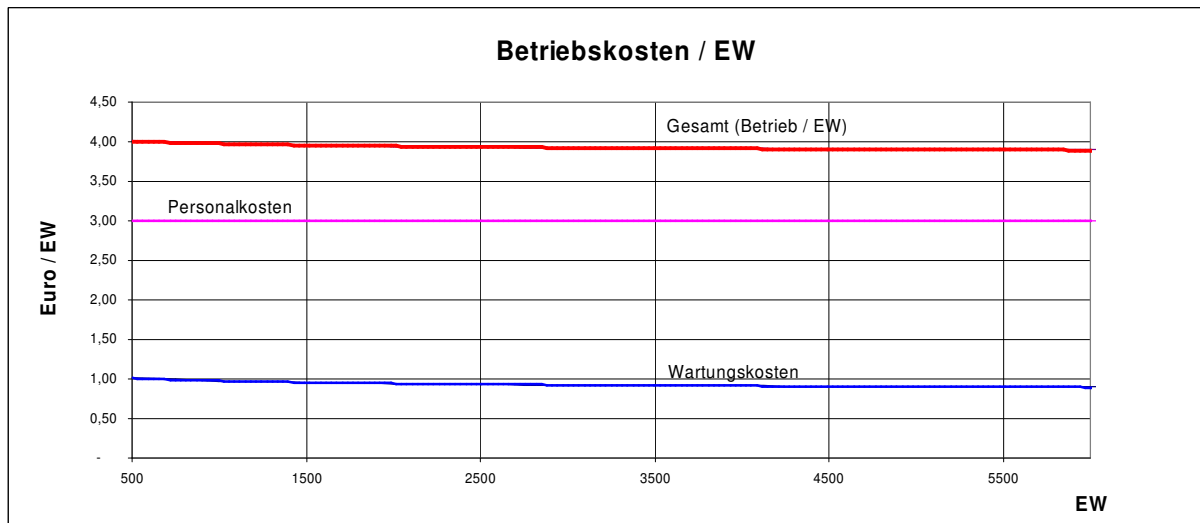
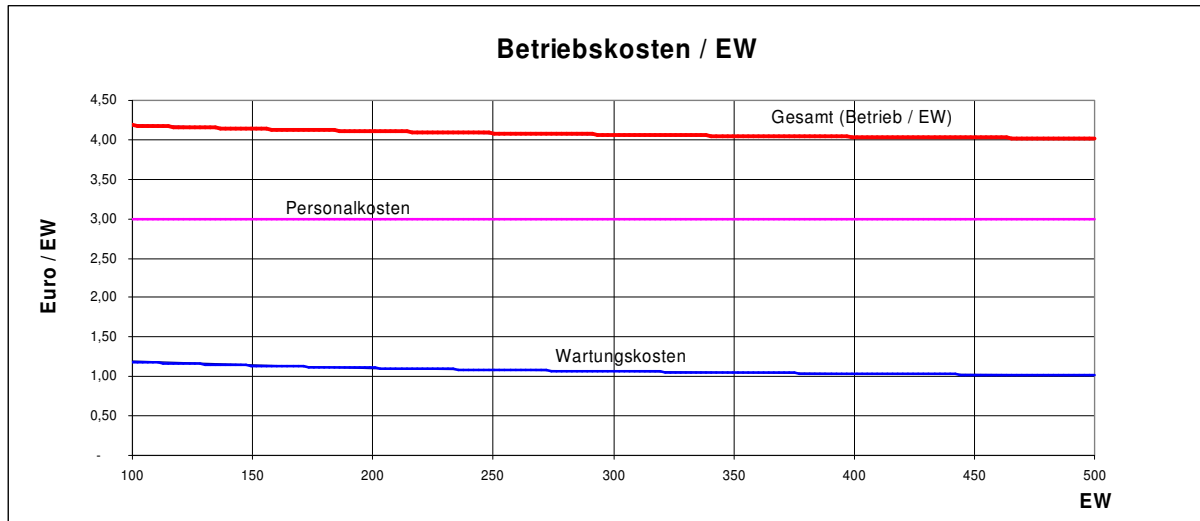
Investitionskosten Betonbauweise (ohne Dach)	
Speicherkapazität	8 Jahre
Auslastung	100 %
TS-Gehalt nach Vererdung	
• ohne Dach	13 %
• mit Dach	20 %
Starre Dachkonstruktion	250 €/m ²
Folienabdeckung	180 €/m ²



Investitionskosten Folienbauweise (ohne Dach)	
Speicherkapazität	8 Jahre
Auslastung	100 %
TS-Gehalt nach Vererdung	
• ohne Dach	13 %
• mit Dach	20 %



Betriebskosten Beton- und Folienbauweise (ohne Dach)	
Personalbedarf	0,2 h/m ³ Jahresschlammmenge
Wartung und Instandhaltung	1,5 % der Investitionskosten
Energiebedarf	Keiner, (Annahme, Schlamm wird vom Schlammspeicher in die Vererdung gepumpt)
Betriebsmittel	keine



A.1.3.3 Maschinelle Entwässerung

Für die **stationäre maschinelle Entwässerung** des Schlammes werden exemplarisch Kostenfunktionen für Schneckenpressen, Siebbandpressen und Zentrifugen angegeben. Die Kosten wurden aus Richtpreisangeboten unterschiedlicher Hersteller abgeleitet. Die erreichbaren TS-Gehalte wurden aus den erhobenen Garantiewerten gemittelt. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Basisvarianten können die Mittelwerte verwendet werden. Für detailliertere Berechnungen wird empfohlen, Richtpreisangebote für die dem Anwendungsfall angepassten Leistungswerte einzuholen

Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Entwässerungshalle; rd. 36 m² Massivbauweise
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> Entwässerungsaggregat incl. Polymerstation Beschickungspumpen, Förderanlagen incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektro- und MSR-Technik	<ul style="list-style-type: none"> Elektrischer Anschluss und Steuerung

Investitionskosten stationäre Ausführung					
Aggregat	Erreichbarer TS	Baulich	Maschinell	Elektrisch	Summe
Schneckenpresse	20 %	36 m ² x 1.000	140.000 €	17.000 €	193.000 €
Siebbandpresse	18 %	€/m ² =	166.000 €	17.000 €	219.000 €
Zentrifuge	25 %	36.000 €	175.000 €	19.000 €	230.000 €

Betriebskosten stationäre Ausführung				
Aggregat	Personal	Energie	Betriebsmittel	Wartung
Schneckenpresse	2 h/Tag	Betriebsstunde: 5 kWh	10 kg WS/kgTS	1,5 % der Investitionskosten
Siebbandpresse	2 h/Tag	Betriebsstunde: 15 kWh	10 kg WS/kgTS	
Zentrifuge	2 h/Tag	Betriebsstunde: 20 kWh	10 kg WS/kgTS	

Alle genannten Entwässerungsaggregate sind auch in **mobiler Ausführung** erhältlich. Die Aggregate sind auf einem Anhänger fix montiert oder in einen Container installiert, der mit einem Tieflader von Ort zu Ort transportiert werden kann. Für die Wartung- und Instandhaltung wird der Prozentsatz auf 2 % erhöht, da die masch. Einrichtung wegen des Transportes gegenüber einer stationären Ausführung zusätzlich belastet wird. Die Anzahl der Standortwechsel ist von den Volumina der bestehenden Schlammspeicher abhängig.

Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Entwässerungshalle; rd. 36 m² (als Unterstand für die mobile Ausführung – üblicherweise bei der größten Anlage der zu betrachtenden Region) Massivbauweise
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> Entwässerungsaggregat incl. Polymerstation im Container oder auf Anhänger Beschickungspumpen, Förderanlagen im Container oder auf Anhänger incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen im Container oder auf Anhänger
Elektro- und MSR-Technik	<ul style="list-style-type: none"> Schaltschrank im Container oder auf Anhänger

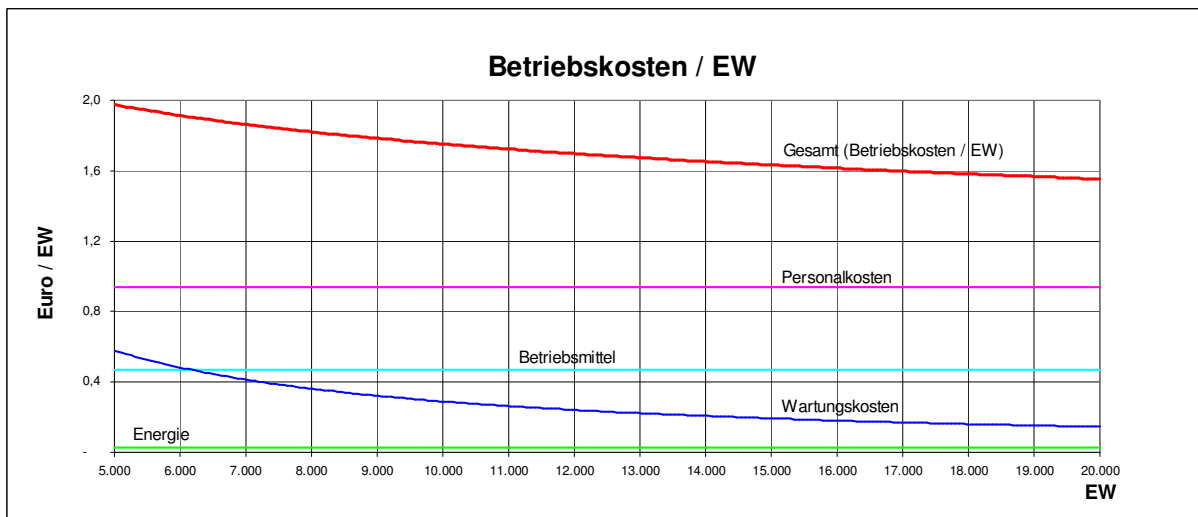
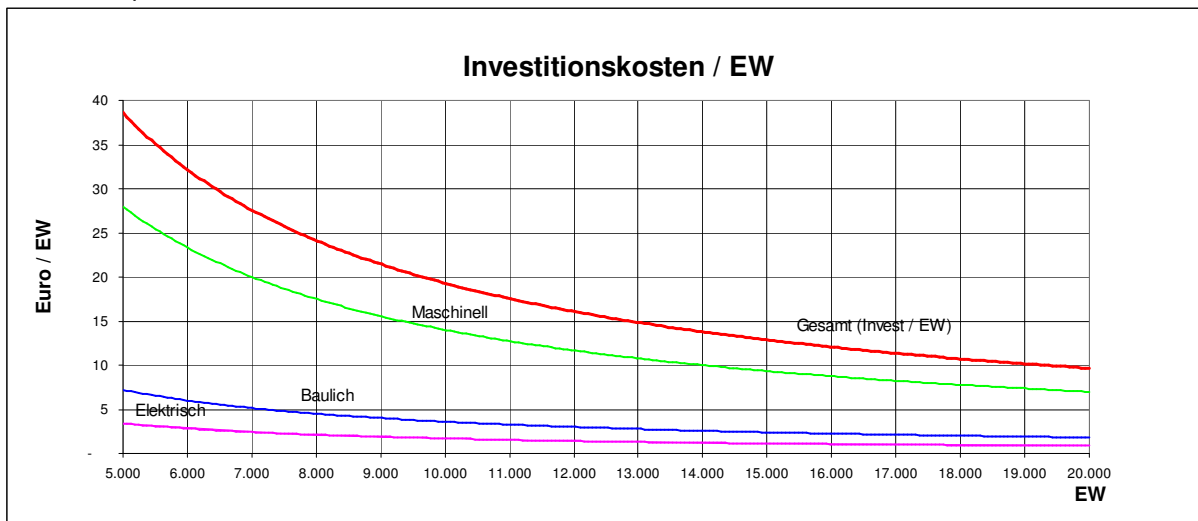
Investitionskosten mobile Ausführung					
Aggregat	Erreichbarer TS	Baulich	Maschinell	Elektrisch	Summe
Schneckenpresse	20 %	36 m ² x 1.000	200.000 €	17.000 €	217.000 €
Siebbandpresse	18 %	€/m ² =	226.000 €	17.000 €	243.000 €
Zentrifuge	25 %	36.000 € *	245.000 €	19.000 €	264.000 €

* nur am Hauptstandort berücksichtigen

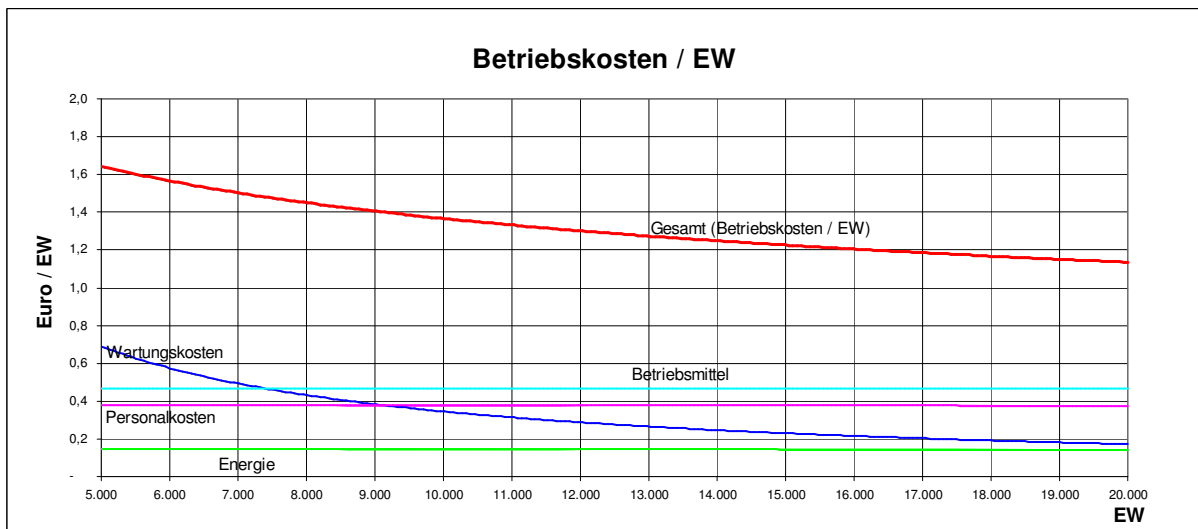
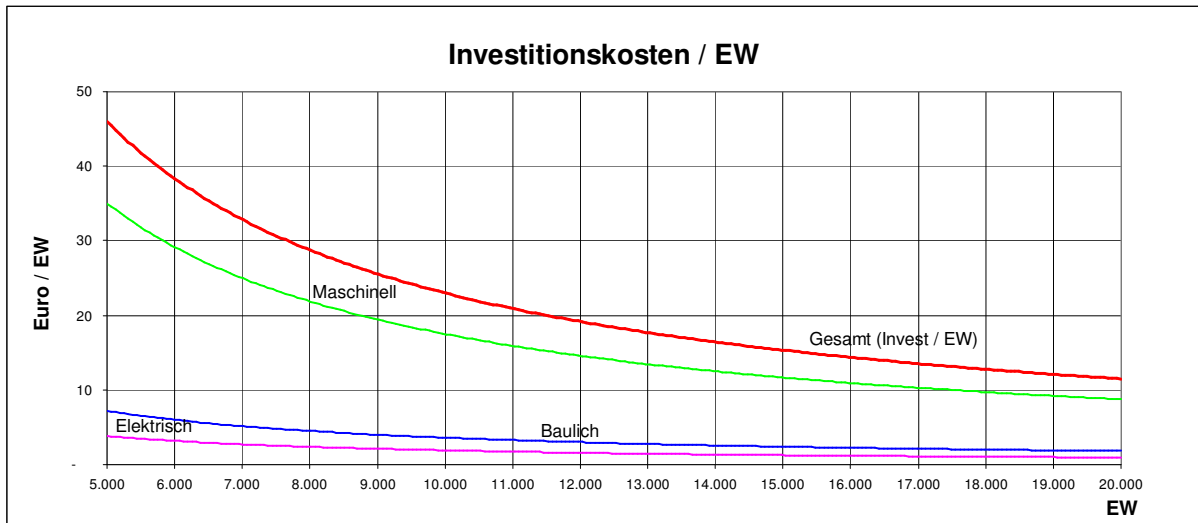
Betriebskosten mobile Ausführung				
Aggregat	Personal	Energie	Betriebsmittel	Wartung
Schneckenpresse	2 h/Tag	Betriebsstunde: 5 kWh	10 kg WS/kgTS	2,0 % der Investitionskosten
Siebbandpresse	2 h/Tag	Betriebsstunde: 15 kWh	10 kg WS/kgTS	
Zentrifuge	2 h/Tag	Betriebsstunde: 20 kWh	10 kg WS/kgTS	

Betriebskosten Transport und Standortwechsel	
Aggregat	Personal
Mobile Ausführung	8 h/Auf- und Abbau 4 h/Transport je Standortwechsel

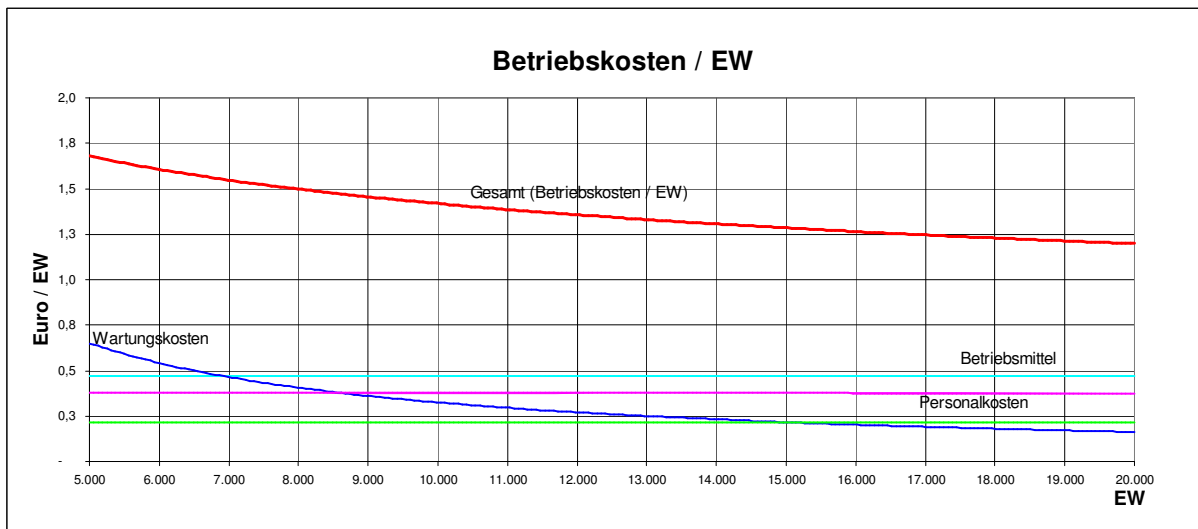
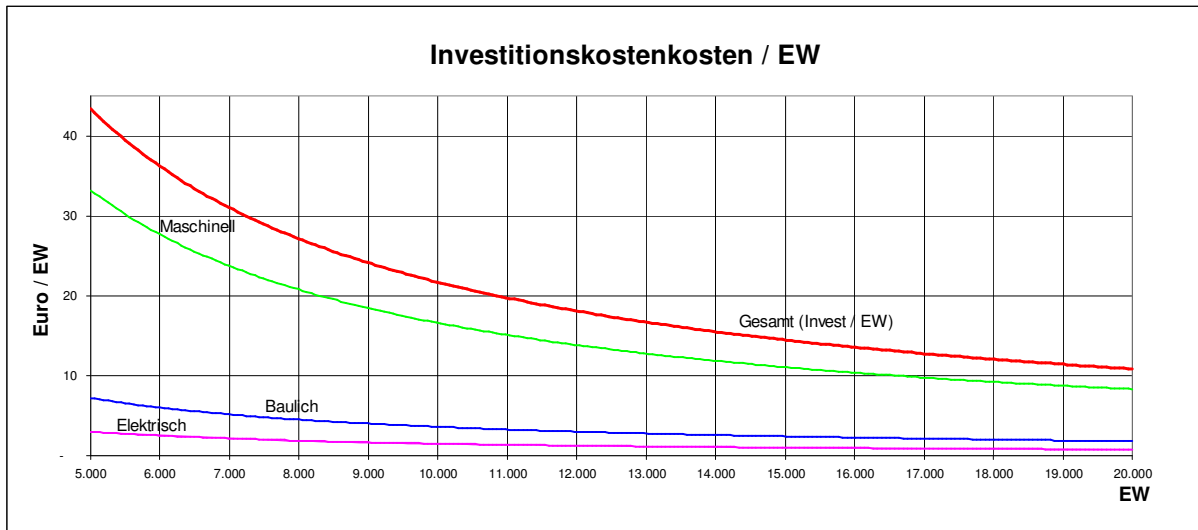
Schneckenpresse



Zentrifuge



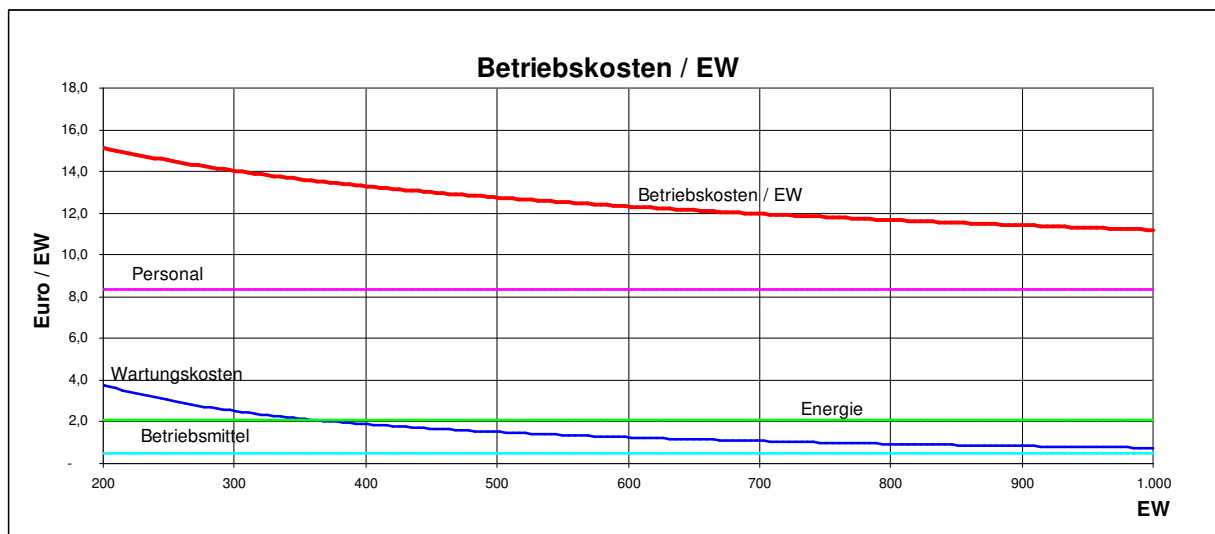
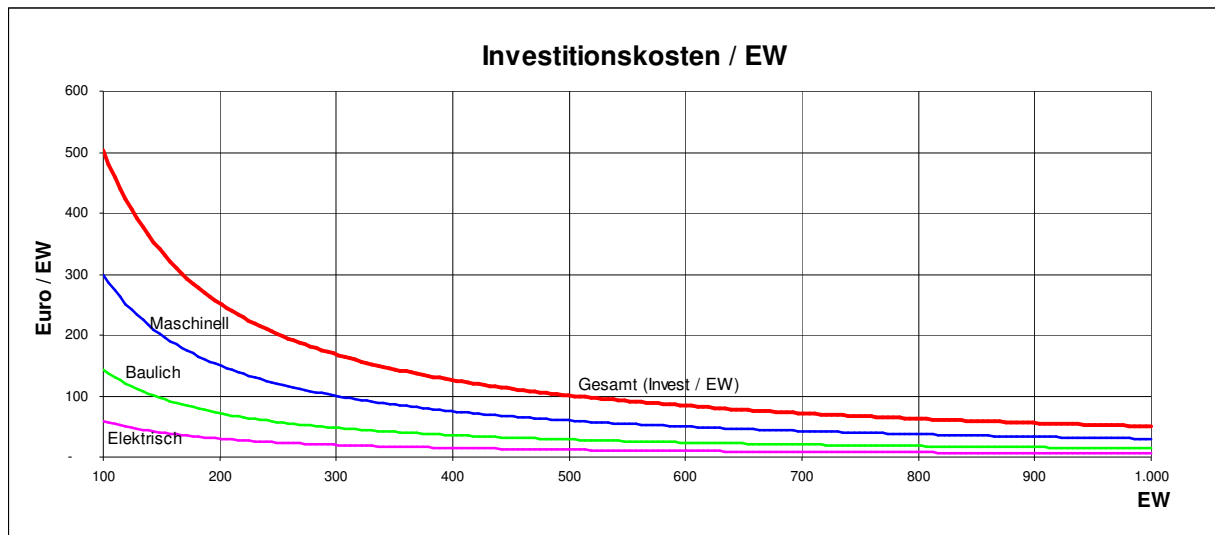
Siebbandpresse



Technische Kurzbeschreibung der Filtersackanlage	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Entwässerungshalle; rd. 12 m² Massivbauweise
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> 6-Sackanlage incl. Polymerstation Beschickungspumpen, Förderanlagen incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektro- und MSR-Technik	<ul style="list-style-type: none"> Elektrischer Anschluss und Steuerung

Investitionskosten der Filtersackanlage				
Aggregat	Baulich	Maschinell	Elektrisch	Summe
6-Sackanlage	12 m ² x 1.200 €/m ² = 14.400 €	30.000 €	6.000 €	50.400 €

Betriebskosten der Filtersackanlage				
Aggregat	Personal	Energie	Betriebsmittel	Wartung
6-Sackanlage	20 Min/Sack	2 kWh/Betriebsstunde	5 kg WS/kgTS 1 Sack/EW, Jahr	1,5 % der Investitionskosten



A.1.3.4 Lohnentwässerung

Für die Kostenermittlung der Lohnentwässerung wurden folgende Daten zugrunde gelegt:
In den Preisen der Lohnentwässerungsunternehmen sind üblicherweise folgende Komponenten abgedeckt:

- An- und Abfahrt
- Maschinelle Ausrüstung samt prov. Leitungen für Anschlüsse und Filtratwasser

Vom Kläranlagenbetreiber sind folgende Komponenten beizustellen:

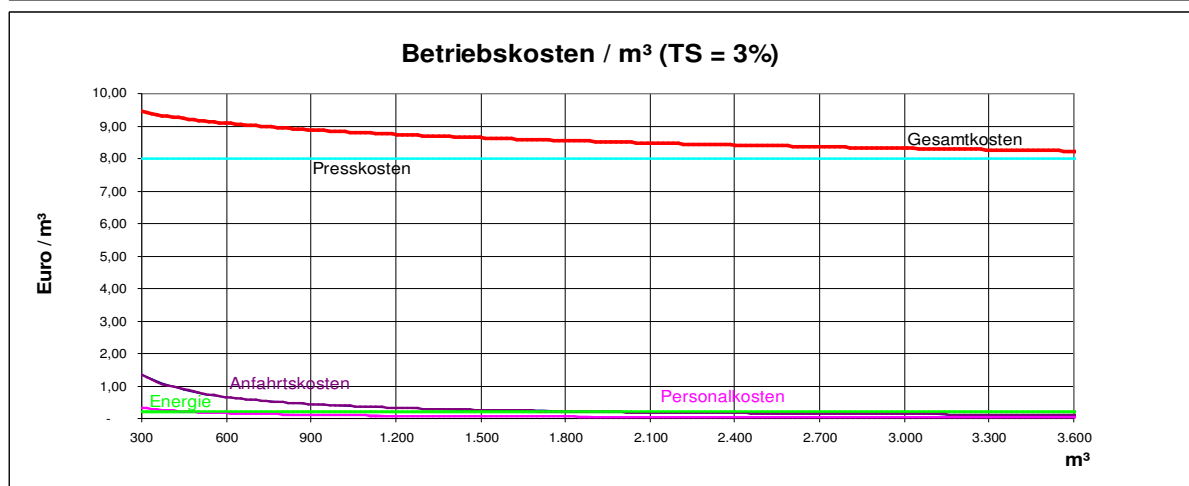
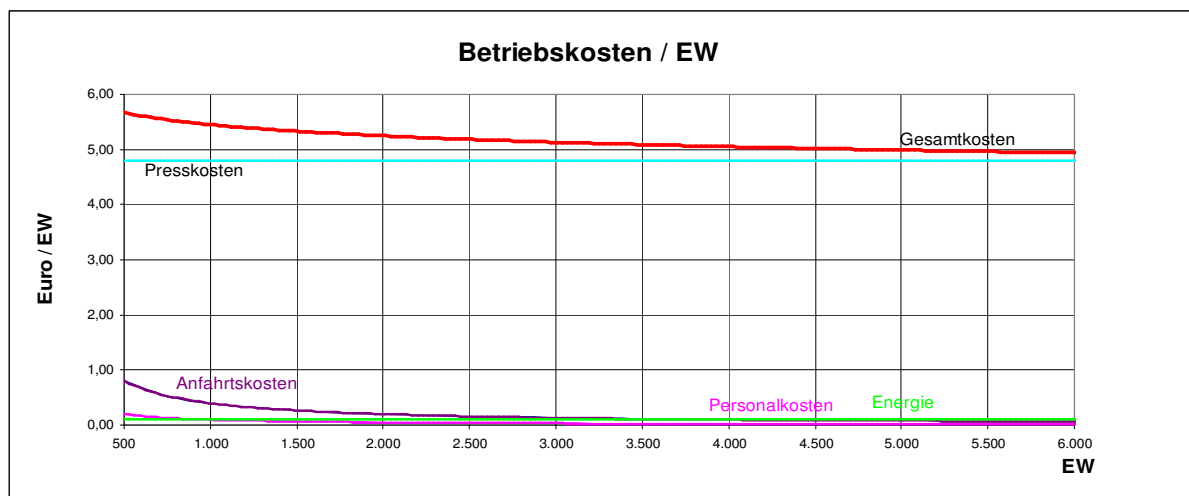
- Klärwärter für Überwachung, Einweisung des Entwässerungsunternehmens
- Energiekosten
- Entsorgung

Lohnentwässerungsunternehmen	AN- und Abfahrts- pauschale / Ent- wässerung	Kosten für Entwässe- rung	Gesamtkosten
Schlammengen bis 120 m ³	-----	-----	950 €
Schlammmenge > 120 m ³	400 €	8 €/m ³	mengenabhängig

Kläranlagenbetreiber	Personal / Entwässerung	Energiebedarf
Schlammengen bis 120 m ³	4 h (200 €)	25 kWh / Betriebsstunde
Schlammmenge > 120 m ³	4 h (200 €)	25 kWh / Betriebsstunde

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden weiters folgende Annahmen getroffen:

Auslastung der Kläranlage: 100 %
Schlammwässerungen: 2 x jährlich
Entwässerungskapazität: 12 m³/h

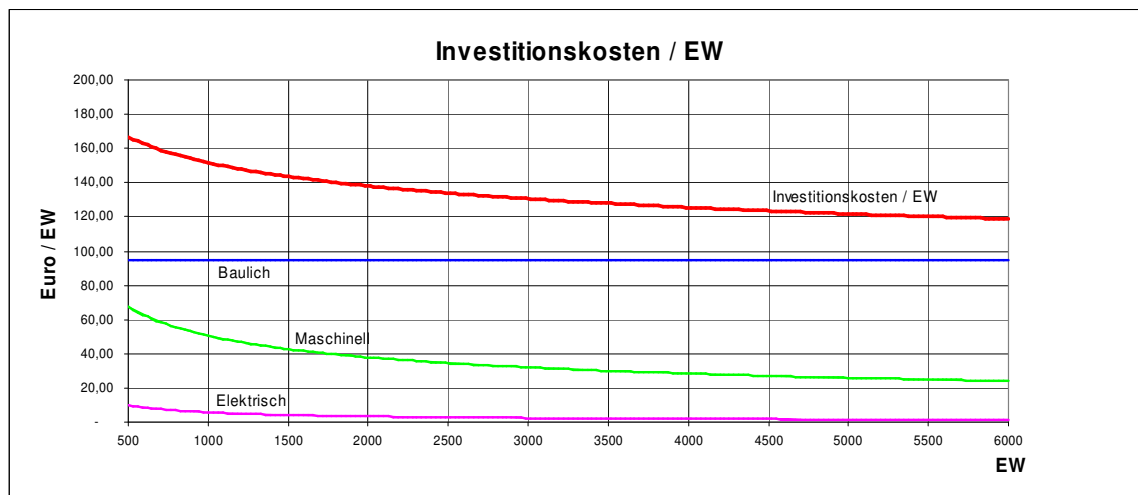


A.1.3.5 Nachlagerung mit Wendeeinrichtung

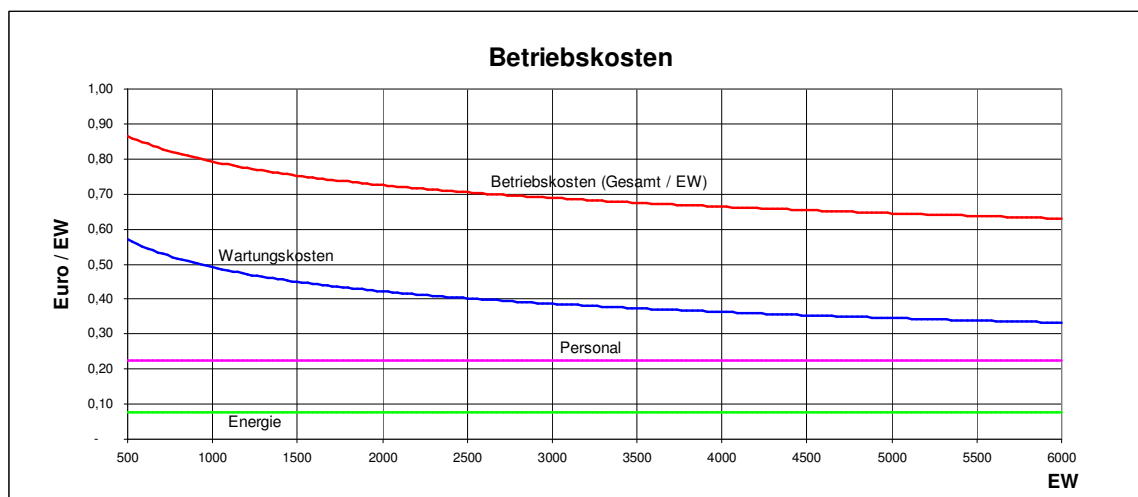
Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Betonsohle starre Dachkonstruktion mit Holz- oder Stahlstützen, einen Holz- oder Stahldachstuhl mit Blechdach oder Wellplatten
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> Wendesystem (optional) incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektrotechnik	<ul style="list-style-type: none"> Anschlüsse, Leitungen

Investitionskosten	
Fläche	2,5 EW / m ²
Auslastung	100 %
Aufenthaltszeit	16 - 20 Wochen
TS-Gehalt	
Eingangs-TS	20 %
Ausgangs-TS ohne Wendeeinrichtung	+ 20 %
Ausgangs-TS mit Wendeeinrichtung	+ 30 %

Betriebskosten	
Personalbedarf	0,1 h / m ³ Jahresschlammmenge (TS = 20%),
Wartung und Instandhaltung	1,0 % der Investitionskosten
Energiebedarf (mit Wendeeinrichtung)	7 kWh / m ³ Jahresschlammmenge (TS = 20%)
Betriebsmittel	Keine



Die Investitionskosten für die überdachte Nachrocknung ohne Wendeeinrichtung entsprechen der Kostenkurve „Baulich“



Die Betriebskosten für die überdachte Nachrocknung ohne Wendeeinrichtung entsprechen der Gesamtkostenkurve abzüglich „Energie“.

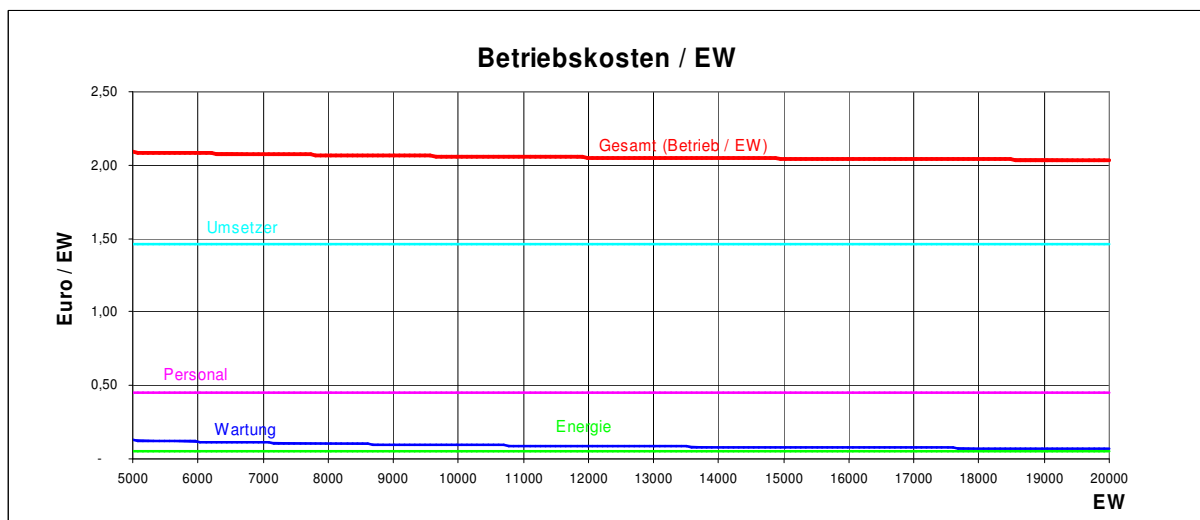
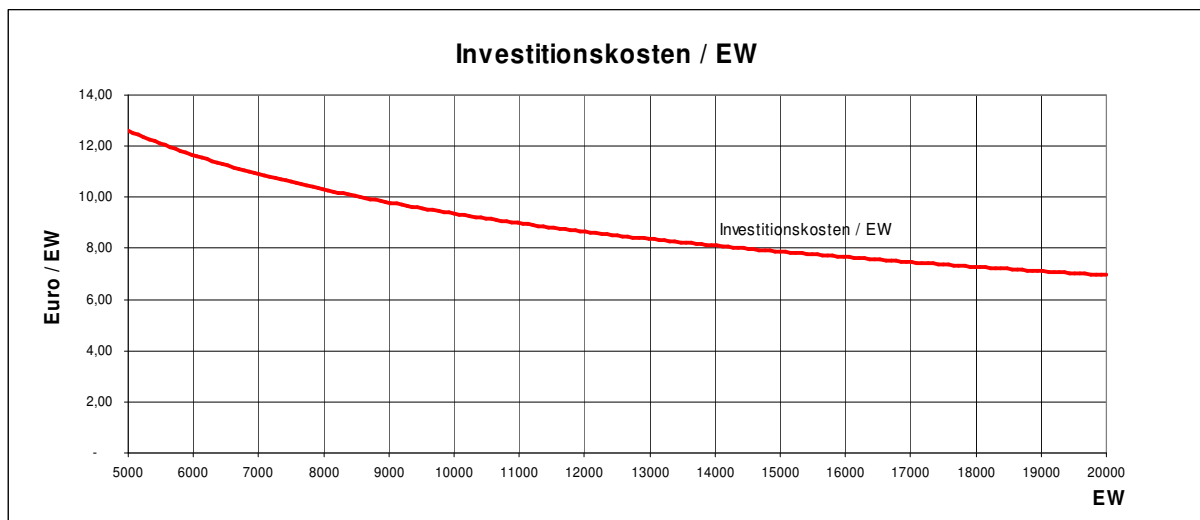
A.1.3.6 Kompostierung

Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Anlieferzone, Heißrotte und Speicherbecken: Dichtasphalt Nachrotte, Fertigkompostlager mech. stab. Tragschicht
Maschinelle Ausrüstung	Keine; Anmerkung, Aufsetzen erfolgt mittels Traktor mit Frontlader oder Radlader, Wenden und Umsetzen mittels Leihgeräten Biofilter (optional)
Elektrotechnik	keine

Für die Kostenermittlung wurden folgende Annahmen getroffen:

Investitionskosten	
Fläche	6 EW / m ²
Auslastung	100 %
Aufenthaltszeit	Heißrotte: 10 Wochen Nachrotte: 5 Wochen
Eingangs-TS	> 20 %

Betriebskosten	
Personalbedarf	0,2 h / m ³ Schlamm (TS = 20%)
Wartung und Instandhaltung	1,0 % der Investitionskosten
Energiebedarf	5 kWh / m ³ Schlamm (TS = 20%)
Mietenauf- und umsetzer	0,25 h / m ³ Schlamm (TS = 20%)



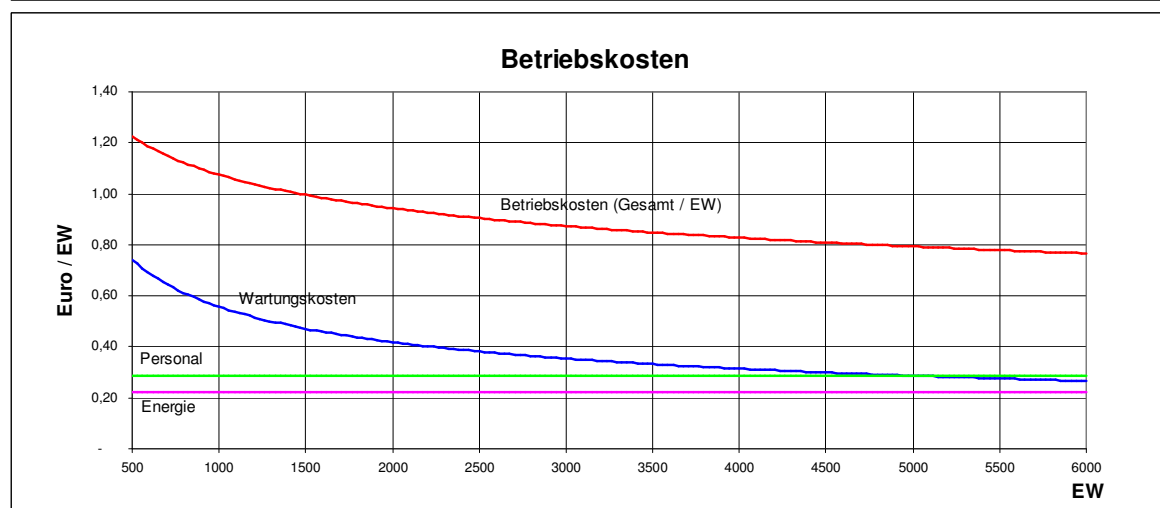
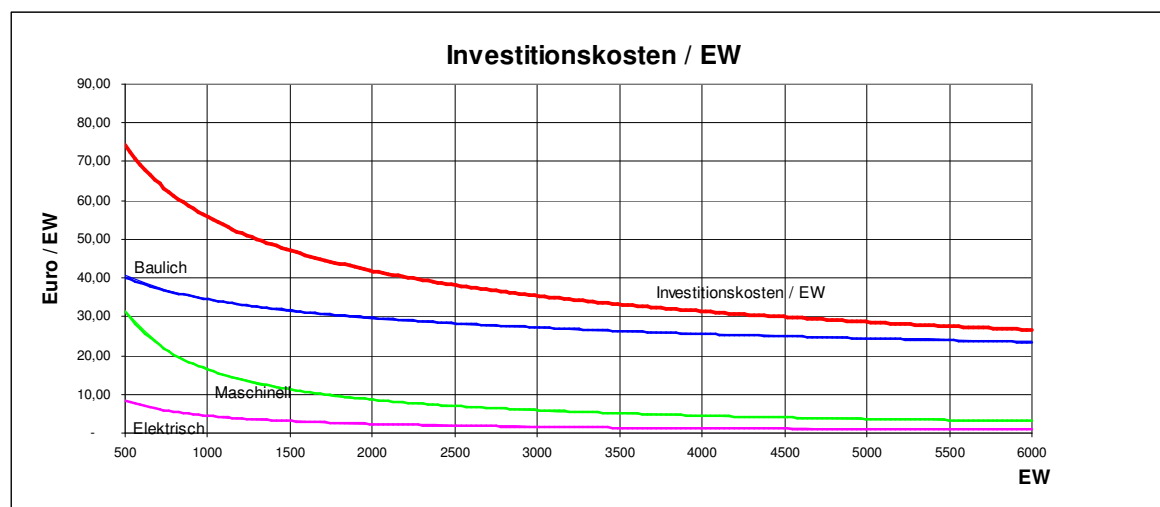
A.1.3.7 Solare Trocknung

Technische Kurzbeschreibung	
Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> Betonsohle Glas- oder Kunststoffverkleidung
Maschinelle Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> Wendesystem Ventilationssystem incl. aller erforderlicher Verrohrungen und Armaturen
Elektrotechnik	<ul style="list-style-type: none"> Anschlüsse, Leitungen

Für die Kostenermittlung wurden folgende Annahmen getroffen:

Investitionskosten	
Fläche	20 EW / m ²
Auslastung	100 %
Aufenthaltszeit	8 Wochen
Eingangs-TS	20 %
Ausgangs-TS	+ 40 %

Betriebskosten	
Personalbedarf	0,1 h/m ³ Schlamm (TS = 20%)
Wartung und Instandhaltung	1,0 % der Investitionskosten / a
Energiebedarf	40 kWh / m ³ H ₂ O
Betriebsmittel	Keine



A.1.3.8 Transportkosten

Für den Transport von Klärschlamm sind unterschiedliche Geräte geeignet.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Fahrzeuge, Durchschnittsgeschwindigkeiten, und Kosten je Kilometer bzw. Kosten je Stunde.

Fahrzeug	Kapazität	Trockensubstanzgehalt	Durchschnittsgeschwindigkeit	Euro / km	Euro / Stunde
Traktor und Güllefass	3 - 6 to	3 % - 5%	20 km/h	2,25	45
LKW-Silowagen	8 - 10 to	3 % - 5%	40 km/h	1,625	65
LKW (+ Greifer)	8 - 10 to	> 13	40 km/h	1,625	65

Mit oben stehenden Ansätzen und den Entfernungen zwischen dem Ausgangspunkten und dem Zielpunkten können die Transportkosten errechnet werden.