



Klärschlamm-trocknung im Stadtgebiet Melle

Zentrale und dezentrale Lösungen

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Erläuterungsbericht

Osnabrück, im November 2021



Auftraggeber:

Stadt Melle

Tiefbauamt

Schürenkamp 12

49234 Melle

Stadt Melle

Aufgestellt durch:

HI-Nord Planungsgesellschaft mbH

Beratende Ingenieure

Rheiner Landstraße 9

49078 Osnabrück

Osnabrück, 28. November 2021

20211029_Trocknung Melle.docx

Projektleiter: Dipl.-Ing. Michael Kipsieker

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Aufgabenstellung / Randbedingungen	1
2	PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN	2
2.1	Planungsgrundlagen	2
2.1.1	Klärschlammengen	2
2.1.2	Räumliche Verhältnisse / Platzbedarf	3
2.1.3	Wärme	3
3	KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG	4
3.1	Trocknungsverfahren	5
3.1.1	Bandrockner	6
3.1.2	Solartrocknung	6
3.1.3	Solartrocknung wärme gestützt	7
4	VARIANTEN DER KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG MELLE	9
4.1	Zentrale Trocknung auf der ZKA Melle Mitte	10
4.1.1	Bandrockner mit Fernwärme (Variante Z1)	10
4.1.2	Solartrockner wärme gestützt (Variante Z2)	10
4.1.3	Solartrockner (Variante Z3)	10
4.2	Dezentrale Trocknung ZKA Melle Mitte und KA Neuenkirchen	11
4.2.1	Bandrockner ZKA Melle Mitte / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D1)	11
4.2.2	Solartrocknung wärme gestützt ZKA Melle / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D2)	11
4.2.3	Solartrocknung ZKA Melle Mitte / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D3)	11
5	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	12
5.1	Kostenvergleichsrechnung	12
5.2	Eingangsdaten	13
5.2.1	Rahmendaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	13
5.2.2	Nutzungsdauer	14
5.2.3	Investitionskosten	14
6	BERECHNUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT	17
7	SENSITIVITÄTSANALYSE	20
7.1	Sensitivität der Stromkosten	20
7.2	Variation der Wärmekosten	21
7.3	Sensitivität der Kapitalzinsen	22
8	BEWERTUNG DER VARIANTEN UND EMPFEHLUNG	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Variation der Entsorgungskosten, Nullvariante	18
Abbildung 2: Variation der Entsorgungskosten, Variante GmHütte	19
Abbildung 3: Variation der Entsorgungskosten	20
Abbildung 4: Variation der Wärmekosten	21
Abbildung 5: Variation der Zinssätze	22
Abbildung 6: Variation der Entsorgungskosten	23

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Klärschlammanfall Stadt Melle (Angabe Stadt Melle)	2
Tabelle 2: Herstellkosten Variante Z1	14
Tabelle 3: Herstellkosten Variante Z2	14
Tabelle 4: Herstellkosten Variante Z3	15
Tabelle 5: Herstellkosten Variante D1	15
Tabelle 6: Herstellkosten Variante D2	15
Tabelle 7: Herstellkosten Variante D3	16
Tabelle 8: Klärschlammbehandlungskosten	17
Tabelle 9: Differenz der Entsorgungskosten	18

ANLAGENVERZEICHNIS

ANLAGE 1: WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Anlage 1.1	Variante Z1
Anlage 1.2	Variante Z2
Anlage 1.3	Variante Z3
Anlage 1.4	Variante D1
Anlage 1.5	Variante D2
Anlage 1.6	Variante D3

LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

Plangrundlagen und projektbezogene Unterlagen:

- [1] Betriebstagebücher der Kläranlage 2017 – 2019, Stadt Melle
- [2] Daten 24h-Zulaufmessung Kläranlagen, 2015-2020, Stadt Melle
- [3] Bestandsangaben Kläranlagen, 2020, Stadt Melle
- [4] Lagepläne Kläranlagen, Stadt Melle
- [5] Risikoanalyse Kläranlage, Stand 2020, Stadt Melle

Technische Regelwerke, Normen und gesetzliche Bestimmungen:

- [6] DWA-A 131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“, DWA, Juni 2016
- [7] ATV-DVWK-A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“, DWA, April 2003
- [8] Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinie), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Juli 2012
- [9] DWA-M271 „Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen“, DWA, März 2017
- [10] Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen, Dipl.-Ing. Gerolf Lenz, ATV-DVWK, Stand 2019

Veröffentlichungen und Fachliteratur:

- [11] „Betriebliche und energetische Aspekte von Schlammfäulung und -stabilisierung“, Prof. Dr.-Ing. Joachim Hansen, Université du Luxembourg, Research Unit in Engineering Science, 2010
- [12] Energieeffizienz Kommunaler Kläranlagen, Klaus Fricke, Umweltbundesamt, Stand 2009
- [13] Möglichkeiten der Faulgasverwertung auf Kläranlagen, W.Frey, Ingenieurkonsulent für Maschinenbau, Korneuburg, 2010

1 EINLEITUNG

1.1 Veranlassung

Gemäß dem Beschluss des Rates der Stadt Melle vom 14.07.2021 (Vorlage 01/2021/0185) soll im Zusammenhang mit der Optimierung der Abwasserreinigung im Stadtgebiet die Trocknung der in Stadtgebiet anfallenden Klärschlämme untersucht werden.

Gerade die stark gestiegenen Klärschlamm Entsorgungskosten und damit einhergehenden hohen Transportkosten für den zurzeit auf ca. 22% TS-Gehalt entwässerten Klärschlamm führen zu erheblichen Kostensteigerungen. Durch eine Trocknung könnte das Volumen des anfallenden Klärschlammes wesentlich reduziert werden und damit die Entsorgungskosten gesenkt werden. Zudem sollen Synergien mit der Abwärme einer Melle Firma untersucht und dargestellt werden.

Die Stadt Melle hat die HI-Nord Planungsgesellschaft mbH beauftragt die Wirtschaftlichkeit einer kommunalen Klärschlamm Trocknung für die Stadt Melle zu überprüfen.

1.2 Aufgabenstellung / Randbedingungen

Den Untersuchungen zugrunde gelegt wird die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zum weitergehenden Betrieb der Abwasserreinigung im Stadtgebiet Melle, vergleiche Beschlussvorlage 01/2021/0178 vom 14.07.2021. Im Ergebnis dieser Untersuchung wurde eine Vorzugsvariante für die zukünftige Organisation der Abwasserreinigung in der Stadt Melle erarbeitet und in den politischen Gremien vorgestellt.

Gemäß der politischen Beschlussfassung soll zukünftig die Abwasserreinigung an folgenden Standorten konzentriert betrieben werden:

- Zentralkläranlage Melle
- Westkläranlage im OT Gesmold
- Kläranlage OT Neuenkirchen

Wärmekonzept

Im Rahmen der öffentlichen Beratungen in den Fachausschüssen wurde von einem Meller Industriebetrieb der Stadt Melle die Lieferung von Abwärme aus dem

Produktionsprozess zur Trocknung von Klärschlamm angeboten. Diese sinnvolle Nutzung der anfallenden Abwärme ist für das Unternehmen auch in seiner Marktpositionierung von Bedeutung.

Eine weitere Meller Firma hat angeboten, das bestehende Nahwärmenetz, über das heute schon viele insbesondere auch energieintensive Objekte angeschlossen sind, zu erweitern und dabei auch über den Standort der Kläranlage an der Bruchstraße zu erreichen.

2 PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Planungsgrundlagen

2.1.1 Klärschlamm-mengen

Für die Klärschlamm-trocknung wird im ersten Schritt von den tatsächlich anfallenden Klärschlamm-mengen ausgegangen, welche auch Grundlage von Überlegungen einer interkommunalen Kooperation zur Klärschlamm-trocknung mit den Stadtwerken Georgsmarienhütte sind. Die für die Kooperation prognostizierten Jahres-mengen können aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Schlamm-anfall	oTS	20%	80%	Verdampfer-leistung
Melle Mitte	600,00 t/a	3000,00 t/a	750,00 t/a	2250,33 t/a
EZG Westkläranlage	180,00 t/a	900,00 t/a	225,00 t/a	675,00 t/a
Neuenkirchen	120,00 t/a	600,00 t/a	133,33 t/a	450,00 t/a
Schlamm-anfall gesamt	900,00 t/a	4500,00 t/a	1083,33 t/a	3500,00 t/a

Tabelle 1: Klärschlamm-anfall Stadt Melle (Angabe Stadt Melle)

Die aktuelle anfallende Klärschlamm wird in etwa auf durchschnittlich 20% Trockensubstanz-gehalt maschinell entwässert. Damit fallen in der Stadt Melle jährlich ca. 4.500 Tonnen Klärschlamm (20% TS) an, die aktuell für einen Preis von ca. 85 €/t entsorgt werden müssen. Diese anfallenden Entsorgungskosten werden als Grundlage für die Wirtschaftlichkeits-betrachtung der Einführung einer Trocknung angesetzt. Eine Sensitivitäts-analyse der Entsorgungskosten zeigt die Auswirkungen steigender und fallender Marktpreise.

Die erforderliche Verdampferleistung beschreibt die Menge an Wasser, welche dem Klärschlamm durch die verschiedenen Trocknungssysteme entzogen werden muss. Für die Studie wird davon ausgegangen, dass der gesamte Klärschlamm

auf einen Trockensubstanzgehalt von 80% getrocknet wird. Dieser Trocknungsgrad ist durch alle betrachteten Trocknungssysteme erreichbar.

Bandrockner können, genau wie wärmegestützte Solartrockner höhere Trockensubstanzgehalte bis ca. 90 % erzeugen. Bei der solaren Trocknung entwickeln sich häufig bei Trockensubstanzgehalten über 80% Staubemissionen.

2.1.2 Räumliche Verhältnisse / Platzbedarf

Die Grundstücksflächen auf der Kläranlage Melle Mittel sind begrenzt. Eine Erweiterung der Betriebsfläche ist in jedem Fall erforderlich, unabhängig von der Wahl des Trocknungsverfahrens. In einer Studie wird davon ausgegangen, dass für die Installation einer maschinellen Trocknungsanlage (Bandrockner) oder einer wärmegestützten Solartrocknungsanlage ein Flächenbedarf von etwa 2.000 – 2.500 m² erforderlich ist. Für reine Solartrocknungen besteht ein erheblich höherer Platzbedarf (ca. 8.000 m²).

Im Bereich der Kläranlage Neuenkirchen sind Reserveflächen für eine Erweiterung vorhanden.

2.1.3 Wärme

Wesentliche Grundlage für den Betrieb einer Klärschlamm-trocknungsanlage ist eine zuverlässige und günstige Wärmequelle. Die Firma Schomäker Federwerk aus Melle verfügt aktuell über eine Prozesswärmemenge von ca. 16.000 MWh. Die überschüssige Wärme wird bisher über Kühltürme an die Umwelt abgegeben.

Die Stadt Melle ist in Verhandlungen mit weiteren ortsansässigen Unternehmen über den Aufbau eines Fernwärmenetzes. Es bestehen Überlegungen, die für die Klärschlamm-trocknung erforderliche Wärme über dieses Fernwärmenetz zur Verfügung zu stellen.

Als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zur Klärschlamm-trocknung in der Stadt Melle werden folgende Annahmen getroffen:

- Übergabestation für die Fernwärme auf dem Kläranlagengelände
- Vorlauftemperatur der Wärmequelle mindestens 80 °C
- Wärmekosten 0,01 €/kWh_{therm}

3 KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG

Allen Verfahren der Klärschlamm-trocknung ist gemeinsam, dass durch externe Energiezufuhr das im Klärschlamm enthaltene Wasser verdampft wird. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die möglichen Verfahren der Klärschlamm-trocknung gegeben.

Die erzielbaren Entwässerungsgrade durch mechanische Verfahren sind begrenzt. Eine weitergehende Entfernung des Schlammwassers lässt sich nur durch thermische Verfahren erreichen.

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

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

Konvektionstrocknung

Bei der Konvektionstrocknung wird das Heizmedium (Luft, Inertgase, Rauchgas, Abgas oder überhitzter Wasserdampf) direkt mit dem zu trocknenden Schlamm in Kontakt gebracht. Die Trocknung über Konvektion ist durch das Wasseraufnahmevermögen des Heizmediums gekennzeichnet das verdampfende Wasser 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 Ammoniumgehalt auf und müssen einer weiteren Behandlung zugeführt werden.

Kontaktstrocknung

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 mit einem separat geschlossenen Heizsystem im Kreislauf geführt. Die Brüden werden in der Regel zur Wärmerückgewinnung in einem Wärmetauscher kondensiert. Da die Brüden nicht mit dem Heizmedium vermischt sind, kann die Brüdenkondensation einfacher durchgeführt werden als bei den Konvektionstrocknern.

Strahlungstrocknung

Bei der Strahlungstrocknung wird ein Teil der von Strahlungsquellen, bspw. Sonnenenergie, emittierten elektromagnetischen Strahlungsenergie vom Feuchtgut absorbiert. Die absorbierte Energie dient zur Aufwärmung des Schlammes und zur Verdampfung der Feuchtigkeit. Die Strahlungstrocknung kommt bei der solaren Klärschlamm-trocknung sowie bei der Anwendung von Dunkelstrahlern zum Einsatz.

3.1 Trocknungsverfahren

Folgende Verfahren zur Klärschlamm-trocknung sind praxiserprobt und stehen am Markt zur Verfügung:

Kontakt-trockner

- Scheiben- und Schaufel-trockner
- Dünnschicht-trockner

Konvektion-trockner

- Wirbelschicht-trockner
- Band-trockner
- Trommel-trockner

Strahlung-trockner (durch Belüftung anteilig Konvektion-trocknung)

- Solar-trockner

Alle Trockner mit Ausnahme der solaren Trocknung nutzen externe Energiequellen für die erforderliche Wasserverdampfung. Als externe Energiequelle für eine Klärschlamm-trocknung soll hier die Wärme aus einem Meller Industriebetrieb mit einer Vorlauf-temperatur von ca. 80°C genutzt werden.

Auf Grundlage der Vorlauf-temperatur ergibt sich eine Vorauswahl der zu betrachtenden Trocknungsverfahren.

Für die Scheiben- und Schaufel-trockner, sowie für die Dünnschicht-trocknung sind Wärmeträger mit einer Mindesttemperatur von 220 Grad erforderlich. Die Wirbelschicht-trocknung arbeitet mit Vorlauf-temperaturen zwischen 130 °C und 250 °C. Die Trommel-trockner werden üblicherweise mit Rauchgas in einem Temperaturfenster von 400 °C – 600°C betrieben. Da dieses Temperaturniveau nicht erreichbar ist, wird dieses Verfahren nicht weiter untersucht.

Für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung werden Bandrockner und Solartrockner ausgewählt, welche beide mit dem vorgenannten Temperaturniveau betrieben werden können. Grundsätzlich ist aufgrund der geringeren Temperatur der Flächenbedarf der beiden betrachteten System höher als bei Trocknern mit höherem Temperaturniveau.

3.1.1 Bandrockner

Bei horizontalen Bandrockner durchlaufen Förderbänder, auf denen der zu trockenen Schlamm liegt, langsam ein von heißen Rauchgasen durchströmten Raum. Das Trocknungsmedium wird im gerichteten Volumenstrom zum feuchten Klärschlamm geführt, um eine maximale Wasseraufnahme zu erzielen. Da während des Trocknungsvorgangs keine mechanische Beanspruchung des Klärschlamm erfolgt, ist der Staubanfall äußerst gering. Die Nutzung von Abwärmequellen mit einem niedrigen Temperaturniveau wird durch den Einsatz von Niedertemperatur Bandrocknungsverfahren ermöglicht.

Die Trocknung von Klärschlamm mit einem Niedertemperaturbandrockner wird üblicherweise in einer Luftatmosphäre durchgeführt. Die austretende Luft wird in einem Biofilter gereinigt. Die Brüden werden auskondensiert und in der Kläranlage mitbehandelt. Die Energie für die Lufterwärmung wird als Abwärme aus einem Industrieprozess bereitgestellt.

Der Energiebedarf eines Niedertemperaturbandrockners wird in diesem Fall mit $0,8 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{kg H}_2\text{O Verdunstung}$ angenommen.

Der Bedarf an elektrischer Energie beträgt bei den thermischen Trocknern ca. $80 \text{ kWh}_{\text{elek}}/\text{t H}_2\text{O Verdunstung}$.

3.1.2 Solartrocknung

Die solare Trocknung beruht auf dem Prinzip der Konvektions- und Strahlungstrocknung. Wobei die Strahlungstrocknung überwiegt. 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.

Die Anteile der beiden Trocknungsprinzipien an der Gesamtverdampfungsleistung sind abhängig von den anstehenden Witterungsverhältnissen.

Solare Trockenanlagen sind durch einen geringen verfahrenstechnischen und maschinellen Aufwand gekennzeichnet. Für die Einreise in transparenten Leichtbauhallen, die auf dem Prinzip der Gewächshauskonstruktion basieren, kommen aufblasbare PE-Doppelfolien, Doppelstegplatten und Glas zum Einsatz. Die Be- und Entlüftung der Trockenhallen erfolgt über Umluftventilatoren und über eine gezielte Steuerung von Belüftungsklappen. Als Wende- und Vortragssysteme für den eingesetzten Klärschlamm kommen verschiedene Konzepte unterschiedlicher Anlagenanbieter zum Einsatz.

Der spezifische Energiebedarf solarer Trocknungsanlagen beträgt 30 kWh/t H₂O Verdunstung.

Eine effektive Trocknung der eingesetzten Klärschlämme wird mit solaren Verfahren nur in den Monaten mit genügend Strahlungsleistung erreicht. In den übrigen Monaten erfolgt eine Lagerung der Klärschlämme mit einer geringe Konvektionstrocknung.

3.1.3 Solartrocknung wärme gestützt

Das Verfahren der Wärme gestützten Solartrocknung basiert grundsätzlich auf dem Verfahren der Solartrocknung. Um die effektive Trocknungsleistung der Solartrockner während der klimatisch ungünstigen Jahreszeiten zu erhöhen, werden zusätzliche Wärmequellen eingesetzt.

Um die solare Trocknungsleistung zu unterstützen kann eine Vielzahl von Energieträgern eingesetzt werden. Der Wärmeeintrag erfolgt in der Regel über Fußbodenheizungssysteme, Luftregisterwärmetauscher oder Dunkelstrahler.

Durch den Einsatz von zusätzlicher Energie wird die Trocknungsfläche wesentlich reduziert und es kann eine kontinuierliche Trocknung auch in den Monaten mit geringer solarer Strahlungsleistung erzielt werden.

Der Einsatz der zusätzlichen Trocknungsenergie für die Konvektionstrocknung erfolgt in wärme gestützten Solartrocknern nicht so effektiv wie in Bandtrockner. Die Gebäudeisolation ist deutlich ineffektiver.

Der Bedarf an thermischer Energie der wärme gestützten Solartrockner variiert mit dem Grad der Unterstützung bis zu 1,6 kWh_{therm}/kg H₂O Verdunstung bei räumlich kleinen Anlagen. Der Strombedarf beträgt in diesem Fall etwa 80 kWh_{elek}/t H₂O

Verdunstung und entspricht der Aufnahme eines Bandrockners. Die Energie für die Luftherwärmung wird als Abwärme aus einem Industrieprozess bereitgestellt. Die austretende Luft wird in einem Biofilter gereinigt.

4 VARIANTEN DER KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG MELLE

Abhängig von verschiedenen Betriebsarten der Trocknungen und unterschiedlichem Grundflächenbedarf ergeben sich für die zukünftigen Klärschlamm-trocknung verschiedenen zu betrachtende Varianten.

Das Konzept der Abwasserbehandlung in der Stadt Melle sieht vor, dass die Schlämme aus der Westkläranlage zur Kläranlage Melle Mitte transportiert und dort zur Energiegewinnung ausgefault werden. Damit fallen in der Zentralkläranlage Melle-Mitte und auf der KA Neuenkirchen Klärschlammteilströme an.

Aufgrund dessen variiert die Untersuchung zwischen zentraler Trocknung am Standort Melle und einer dezentralen Behandlung der Schlämme in Melle Mitte und auf dem Gelände der KA Neuenkirchen.

Zentrale Trocknung auf dem Gelände der ZKA Melle-Mitte :

- **Variante Z1** Klärschlamm-trocknung durch Bandrockner mit Fernwärme
- **Variante Z2** Klärschlamm-trocknung durch Solartrockner mit Fernwärme
- **Variante Z3** Klärschlamm-trocknung durch Solartrockner ohne Fernwärme

Dezentrale Trocknung auf der ZKA Melle-Mitte und in Melle Neuenkirchen

- **Variante D1** Bandrockner mit Fernwärme in Melle Mitte und Solartrockner ohne Fernwärme in Neuenkirchen
- **Variante D2** Solartrockner mit Fernwärme in Melle Mitte und Solartrockner ohne Fernwärme in Neuenkirchen
- **Variante D3** Solartrockner ohne Fernwärme in Melle Mitte und Solartrockner ohne Fernwärme in Neuenkirchen

Zusätzlich zu den oben genannten Varianten wird in die Vergleichsrechnung als sogenannte Nullvariante die aktuelle Praxis der Klärschlamm-entsorgung über Dritte mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 22% einbezogen. Während des Bearbeitungszeitraumes der Studie wurde die Klärschlamm-entsorgung für einen Zeitraum von 2 Jahren neu ausgeschrieben. Nach Aussagen des Tiefbauamtes ist der Stadt Melle hat die Ausschreibung Entsorgungskosten von rund 85 €/m³ Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 22% TS ergeben.

4.1 Zentrale Trocknung auf der ZKA Melle Mitte

Die zentrale Trocknung auf dem Gelände der Kläranlage Melle Mitte ist deutlich beschränkt aufgrund der vorhandenen Grundstückssituation. Für den Bau einer Trocknungsanlage ist daher eine Erweiterung des Betriebsgeländes zwingend erforderlich.

4.1.1 Bandrockner mit Fernwärme (Variante Z1)

In der Variante Z1 sieht die Installation und den Betrieb eines Bandrockners auf der Kläranlage Melle Mitte vor. Die Anlage wird in einer Größenordnung errichtet, mit der die gesamten im Stadtgebiet Melle anfallenden Klärschlämme getrocknet werden können. Die Schlämme der Kläranlage Neunkirchen werden vorentwässert zur Zentralkläranlage transportiert.

Aktuell wird von einem Flächenbedarf für eine solche Anlage in einer Größenordnung von ca. 2.500 m² ausgegangen.

4.1.2 Solartrockner wärme gestützt (Variante Z2)

Bei der Variante Z2 ist vorgesehen, eine Wärme gestützte Solaranlage auf der Zentralkläranlage Melle zu installieren. Durch die kompakte Bauform ist für die Behandlung der Schlämme eine Hallengröße mit einer Trocknungsfläche von circa 1280 m² vorgesehen. Zusätzlich erforderliche Nebengebäude und Verkehrsflächen ergeben einen Gesamtflächenbedarf von ebenfalls ca. 2.500 m².

4.1.3 Solartrockner (Variante Z3)

Für die Errichtung einer Solartrocknungsanlage auf der Kläranlage Melle Mitte sind insgesamt zirka 4800 m² Trocknungsfläche erforderlich. Darüber hinaus sind für Verladung, Transport und Zwischenlagerung Flächen in der Größenordnung von 3000 m² zur Verfügung zu stellen. Damit ergibt sich der gesamte Flächenbedarf für eine Solartrocknung zu rund 8.000 m².

4.2 Dezentrale Trocknung ZKA Melle Mitte und KA Neuenkirchen

Aufgrund der geringen Grundstücksfläche im Bereich der Zentralkläranlage Melle Mitte wird bei der dezentralen Variante die Installation einer solaren Klärschlamm-trocknung zur Behandlung der Klärschlämme auf der Kläranlage Melle Neuenkirchen vorgeschlagen.

Für den Bau einer solaren Klärschlamm-trocknung auf Dem Gelände der Kläranlage Melle Neuenkirchen Sind voraussichtlich Circa 1.500 m² erforderlich, welche auf dem Betriebsgelände zur Verfügung stehen.

4.2.1 Bandrockner ZKA Melle Mitte / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D1)

Die Variante D1 sieht neben Der solaren Klärschlamm-trocknung auf der Kläranlage Neukirchen Die Errichtung eines Band Trockners Auf der Zentralkläranlage Melle Mitte vor. Durch die Reduktion der zu behandelnden Klärschlämme Auf der Zentralkläranlage kann von einer geringfügig reduzierten Installationsfläche (ca. 200 m²) für den Bandrockner ausgegangen werden. Damit beträgt der Flächenbedarf für die Installation des Band Trockners auf der Zentralkläranlage in dieser Variante in etwa 2.300 m².

4.2.2 Solartrocknung wärme gestützt ZKA Melle / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D2)

In der dezentralen Variante D2 wird neben der Solartrocknung in Neukirchen eine Wärme gestützte Solartrocknung auf der Zentralkläranlage Melle Mitte errichtet. Wie in der Variante D1 ist auch hier mit einer marginalen Verringerung der erforderlichen Betriebsfläche zu rechnen. Für die Wärme gestützte Solartrocknung In der Variante D2 sind Betriebsflächen in einer Größenordnung von 2. 300 m² erforderlich.

4.2.3 Solartrocknung ZKA Melle Mitte / Solartrocknung KA Neuenkirchen (Variante D3)

Für die Errichtung einer Solartrocknung zur Behandlung der Klärschlämme aus Melle Mitte und der zukünftigen Westkläranlage ist eine Betriebsfläche von etwa 7.000 m² auf der Zentralkläranlage erforderlich.

5 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Im Rahmen dieser Untersuchung ist für die zuvor beschriebenen Varianten eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Dabei werden die Varianten hinsichtlich Ihrer Wirtschaftlichkeit geprüft und verglichen. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind verschiedene Einflussgrößen und Parameter zu berücksichtigen. In den nachfolgenden Kapiteln werden diese zunächst näher erläutert. Im Anschluss erfolgen die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse.

5.1 Kostenvergleichsrechnung

Vorraussetzung für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist eine Nutzengleichheit. Alle Varianten müssen den gleichen Nutzen vorweisen, welches die Klärschlamm Entsorgung der Stadt Melle darstellt. Somit sind die Varianten für eine Kostenvergleichsrechnung geeignet.

Im ersten Schritt der Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt die Festlegung der Rahmendaten, welche die Basis der Rechnung darstellen. Darunter fallen beispielsweise die Nutzungsdauern der einzelnen Anlagenbestandteile, die Preissteigerungsraten oder auch der Zinssatz.

Im letzten Schritt erfolgt eine Bewertung der Sensitivität der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung. Hierfür werden verschiedenen Graphiken herangezogen, über welche die Variation der Gesamtkosten durch unterschiedliche Teuerungsszenarien dargestellt werden.

5.2 Eingangsdaten

5.2.1 Rahmendaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Rahmendaten bilden den Grundstein der Vergleichsrechnung. Darunterfallen sowohl die notwendigen Zinssätze und Preissteigerungsraten als auch die Annahmen z.B. der Betriebsmittelkosten.

Folgende Zinssätze und Betriebsmittelkosten werden für die Vergleichsrechnung festgelegt.

- Zinssatz: 1,5 %
- Wartung und Instandhaltung Bautechnik 0,5 % des Invest
- Wartung und Instandhaltung M-Technik 1,25 % des Invest
- Versicherung / Sonstiges 0,1 % des Invest

Im Weiteren sind diverse Annahmen zutreffen, um eine einheitliche Datengrundlage zu schaffen, die in der Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt wird. Die Annahmen sind anhand von Literaturangaben und Erfahrungswerte vergleichbarer Projekte festgelegt worden. Folgende Annahmen sind im Rahmen dieser Studie getroffen worden:

- Wärmekosten: 0,01 € / kWh_{therm}
- Energiekosten: 0,20 € / kWh
- Abwasserentsorgung 2,25 € / m³
- Trinkwasser 1,25 € / m³
- Transportkosten 2,0 € / tkm
- Personalkosten 45 € / h
- Schwefelsäure 0,25 € / kg
- Klärschlamm Entsorgung (22% / 80%) 85 € / t

Die Kosten für die erforderliche Fernwärmeleitung werden an dieser Stelle nicht mit berücksichtigt.

5.2.2 Nutzungsdauer

Für die einzelnen Anlagenbestandteile sind unterschiedliche Nutzungsdauern festzulegen. Im Folgendem sind für die entsprechenden Anlagenbestandteile die Nutzungsdauern aufgeführt:

- Bautechnik 40 a
- Gewächshaus 20 a
- E-MSR Technik 15 a

Der Abschreibungszeitraum für die BNK wird ebenfalls mit 15 a angenommen.

5.2.3 Investitionskosten

Unter den Investitionskosten oder auch Herstellkosten werden alle Kosten erfasst, die zur Erstellung, zum Erwerb oder zur Erneuerung von Anlagenbestandteilen anfallen. Dabei sind diese nur einmalig aufzuwendende Kosten. Die angenommenen Investitionskosten zu den Varianten sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

Variante Z1

Herstellkosten	Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Bandrockner				
Bau	392.117,14 €	1,50%	40 a	12.913,64 €
M. + E-MSR	1.702.671,43 €	1,50%	15 a	125.719,82 €
BNK	377.061,94 €	1,50%	15 a	27.841,05 €
Summe	2.471.850,51 €			166.474,50 €

Tabelle 2: Herstellkosten Variante Z1

Variante Z2

Herstellkosten	Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Solartrockner wärme gestützt				
Bau	860.000,00 €	1,50%	40 a	28.322,47 €
Einhausung	320.000,00 €	1,50%	20 a	18.363,19 €
M. + E-MSR	465.000,00 €	1,50%	15 a	34.334,11 €
BNK	296.100,00 €	1,50%	15 a	21.863,08 €
Summe	1.941.100,00 €			102.882,85 €

Tabelle 3: Herstellkosten Variante Z2

Variante Z3

Herstellkosten	Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Solartrockner				
Bau	2.020.000,00 €	1,50%	40 a	66.524,87 €
Einhausung	610.000,00 €	1,50%	20 a	35.004,83 €
M. + E-MSR	520.000,00 €	1,50%	15 a	38.395,14 €
BNK	567.000,00 €	1,50%	15 a	41.865,47 €
Summe	3.717.000,00 €			181.790,30 €

Tabelle 4: Herstellkosten Variante Z3

Variante D1

Herstellkosten	Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Bandrockner ZKA				
Melle				
Bau	359.825,14 €	1,50%	40 a	11.850,16 €
M. + E-MSR	1.562.451,43 €	1,50%	15 a	89.661,22 €
BNK	346.009,78 €	1,50%	15 a	25.548,26 €
Summe	2.268.286,35 €			127.059,63 €
Solartrockner Neuenkirchen				
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a	13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a	8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a	8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a	9.104,08 €
Summe	808.300,00 €			40.239,48 €

Tabelle 5: Herstellkosten Variante D1

Variante D2

Herstellkosten	Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Solartrockner wärme gestützt ZKA				
Melle				
Bau	785.000,00 €	1,50%	40 a	25.852,49 €
Einhausung	300.000,00 €	1,50%	20 a	17.215,49 €
M. + E-MSR	465.000,00 €	1,50%	15 a	34.334,11 €
BNK	279.000,00 €	1,50%	15 a	20.600,47 €
Summe	1.829.000,00 €			98.002,56 €
Solartrockner Neuenkirchen				
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a	13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a	8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a	8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a	9.104,08 €
Summe	808.300,00 €			40.239,48 €

Tabelle 6: Herstellkosten Variante D2

Variante D3

Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten
Solartrockner ZKA				
Bau	1.820.000,00 €	1,50%	40 a	59.938,25 €
Einhausung	540.000,00 €	1,50%	20 a	30.987,88 €
M. + E-MSR	455.000,00 €	1,50%	15 a	33.595,75 €
BNK	506.700,00 €	1,50%	15 a	37.413,11 €
Summe	3.321.700,00 €			161.934,98 €
Solartrockner Neuenkirchen				
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a	13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a	8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a	8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a	9.104,08 €
Summe	808.300,00 €			40.239,48 €

Tabelle 7: Herstellkosten Variante D3

6 BERECHNUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt die Herstellkosten über die Nutzungsdauer verteilt incl. der Zinslasten und errechnet hieraus Jahreskosten. Hinzugezogen werden die festen und die variablen Betriebskosten ebenfalls als Jahreskosten.

Die berechneten Jahreskosten werden auf die jährlich anfallenden Klärschlamm-mengen verteilt. Unter den vorgenannten Annahmen ergeben sich für die verschiedenen Verfahren folgende Behandlungskosten:

	Z1	Z2	Z3	D1	D2	D3
Herstellkosten	2.471.850,51 €	1.941.100,00 €	3.717.000,00 €	3.076.586,35 €	2.637.300,00 €	4.130.000,00 €
Jahreskosten						
Investition	166.474,50 €	102.882,85 €	181.790,30 €	167.299,11 €	138.242,03 €	202.174,46 €
Fixe Betriebskosten	63.155,83 €	35.453,60 €	37.407,00 €	73.191,35 €	48.619,80 €	44.302,50 €
Variablen Betriebskosten	103.143,00 €	124.231,13 €	21.618,75 €	72.750,60 €	93.653,48 €	19.698,75 €
Gesamtkosten Trocknung	332.773,33 €	262.567,57 €	240.816,05 €	315.867,56 €	280.515,31 €	266.175,71 €
Kosten pro tTS (20%)	73,95 €	58,35 €	53,51 €	70,19 €	62,34 €	59,15 €

Tabelle 8: Klärschlammbehandlungskosten

Die wirtschaftlichste Form der Klärschlamm-trocknung ist die Installation einer solaren Klärschlamm-trocknung auf der Zentralkläranlage Melle Mitte. Hier ergeben sich Trocknungskosten von 53,31 €/t angefallenen Klärschlamm mit 22% TS.

In einem weiteren Schritt müssen die anfallenden Entsorgungskosten mit der vorgenannten Nullvariante verglichen werden. Die Nullvariante berücksichtigt den Abtransport der entwässerten und nicht getrockneten Klärschlämme direkt vom Anfallort durch sachkundige Dienstleister. Im Rahmen einer aktuellen Ausschreibung der Stadt Melle wurde die Entsorgung des Klärschlammes mit 22% Trockensubstanzgehalt mit 85 €/t angeboten.

Im Rahmen der Studie wird angenommen, dass zum gleichen Preis der Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 80% entsorgt werden kann.

Bei einer Klärschlamm-menge von 4.500 Tonnen pro Jahr mit einem Trockensubstanzgehalt von 22% ergeben sich Kosten für die Entsorgung über Dritte in Höhe von 382.500 €/a. In der nachfolgenden Tabelle werden zu den Trocknungskosten der einzelnen Verfahren die zu erwartenden Entsorgungskosten addiert und von den zu erwartenden Kosten der Nullvariante abgezogen. Damit ergeben sich reale Mehr- oder Minderkosten jeder betrachteten Trocknungsvariante gegenüber der Nullvariante.

	Z1	Z2	Z3	D1	D2	D3
Herstellkosten	2.471.850,51 €	1.941.100,00 €	3.717.000,00 €	3.076.586,35 €	2.637.300,00 €	4.130.000,00 €
Jahreskosten						
Investition	166.474,50 €	102.882,85 €	181.790,30 €	167.299,11 €	138.242,03 €	202.174,46 €
Fixe Betriebskosten	63.155,83 €	35.453,60 €	37.407,00 €	73.191,35 €	48.619,80 €	44.302,50 €
Variabele Betriebskosten	103.143,00 €	124.231,13 €	21.618,75 €	72.750,60 €	93.653,48 €	19.698,75 €
Gesamtkosten Trocknung	332.773,33 €	262.567,57 €	240.816,05 €	315.867,56 €	280.515,31 €	266.175,71 €
Kosten pro tTS (20%)	73,95 €	58,35 €	53,51 €	70,19 €	62,34 €	59,15 €
Entsorgungskosten						
Klärschlamm aktuell 22 %	382.500,00 €	382.500,00 €	382.500,00 €	382.500,00 €	382.500,00 €	382.500,00 €
Klärschlamm trocken 80 %	437.960,83 €	367.755,07 €	346.003,55 €	421.055,06 €	385.702,81 €	371.363,21 €
	97,32 €	81,72 €	76,89 €	93,57 €	85,71 €	82,53 €
Differenz	-55.460,83	14.744,93	36.496,45	-38.555,06	-3.202,81	11.136,79

Tabelle 9: Differenz der Entsorgungskosten

Aus dieser Variante ergibt sich, dass die wärme gestützte Solartrocknung und die Solartrocknung auf der Zentralkläranlage Melle, so wie die Variante D3 Installation einer Solartrocknung auf der Kläranlage Neuenkirchen und auf der Zentralkläranlage Melle Ersparnisse zwischen 10.000 € und 35.000 € jährlich erbringen.

Es handelt sich hierbei um Kostenvorteile zwischen 3 % und 10 % zu den submittierten Entsorgungskosten über einen Dienstleister. Zur Validierung der Kostentendenzen wurde dazu eine Variation der Klärschlamm Entsorgungskosten vorgenommen. Dabei wurde zugrunde gelegt, dass sich die Entsorgungskosten für Schlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 22% parallel zu den Entsorgungskosten für das getrocknete Gut entwickeln.

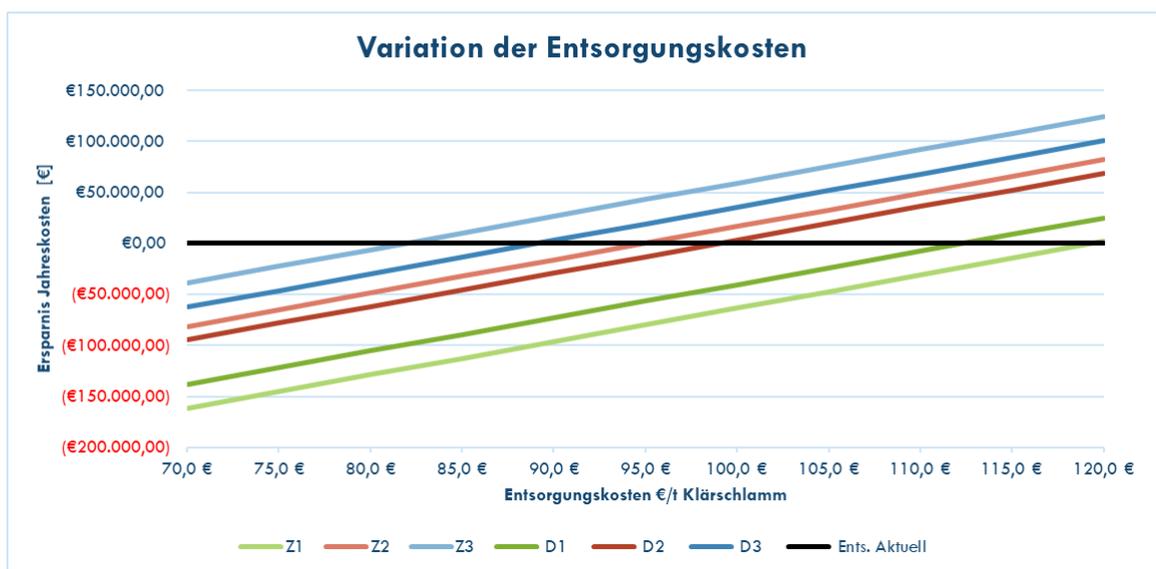


Abbildung 1: Variation der Entsorgungskosten, Nullvariante

Die Variation zeigt das mit zunehmenden Entsorgungspreisen die Installation einer Klärschlamm-trocknung wirtschaftlicher ist.

Der Stadt Melle liegt ein Angebot zur Klärschlamm-trocknung im Rahmen eines interkommunalen Verbundes mit den Stadtwerke Georgsmarienhütte zum Bau und Betrieb einer gemeinsamen Klärschlamm-trocknungsanlage vor. Auf Grundlage der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnung zu dem Projekt wurde diese mit in die Kostenbetrachtung integriert.

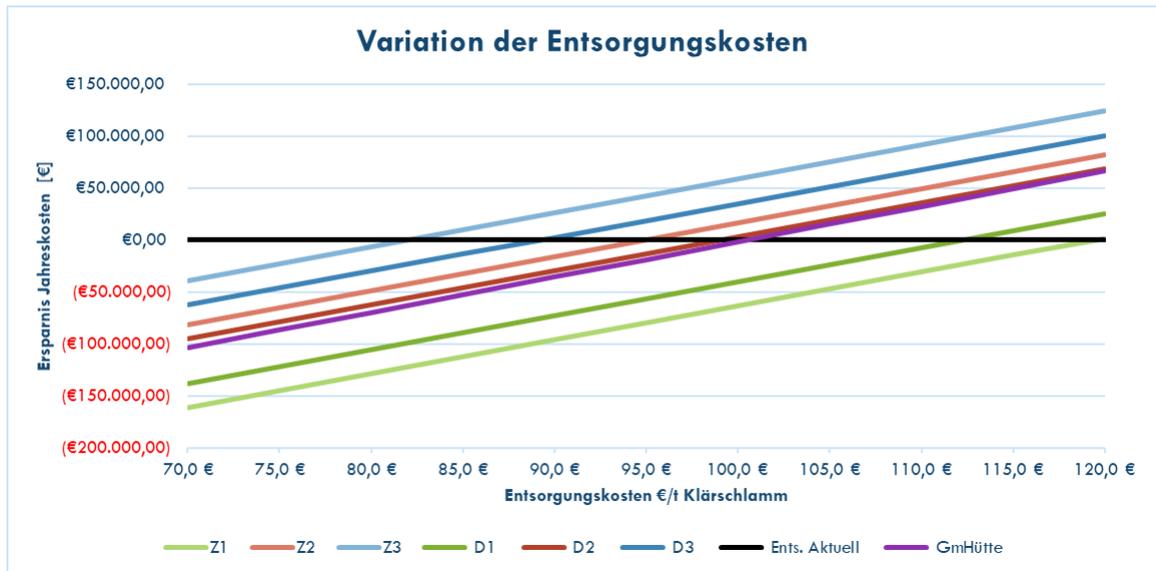


Abbildung 2: Variation der Entsorgungskosten, Variante GmHütte

Das Angebot der interkommunalen Kooperation weist eine höhere Wirtschaftlichkeit aus als die vergleichbaren Installationen kleinerer Bandtrockner auf der Kläranlage Melle (Z1,D1). Grundsätzlich ist ein wirtschaftlicher Einsatz zu erwarten ab Entsorgungskosten in Höhe von ca. 100 €/t. Hier wurden die Vergleichsdaten aus einer vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Diese Berechnung berücksichtigt nicht die Transportkosten für die Schlämme von Melle nach Georgsmarienhütte, geht aber von höheren Wärmepreisen aus (0,04 €/Kwh).

7 SENSITIVITÄTSANALYSE

Um für zukünftige Planungsszenarien Tendenzen bei den Verfahren der Klärschlamm-trocknung aufzuzeigen, wurden die Betriebskosten für Wärme, elektrische Energie und die Zinssätze variiert. Als Bezugsgröße wurden hierzu immer Verfahrenskosten für die Klärschlamm-trocknung bezogen auf einen Klärschlamm-anfall von 4.500 t Klärschlamm bei einem Trockensubstanzgehalt von 22 % gewählt.

7.1 Sensitivität der Stromkosten

Um die Auswirkungen der schwankenden Energiekosten auf die Klärschlamm-trocknung abschätzen zu können wurden die Preise für Strom vom 0 € Cent pro Kilowattstunde bis 50 € Cent je Kilowattstunde variiert. Das Ergebnis wird in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

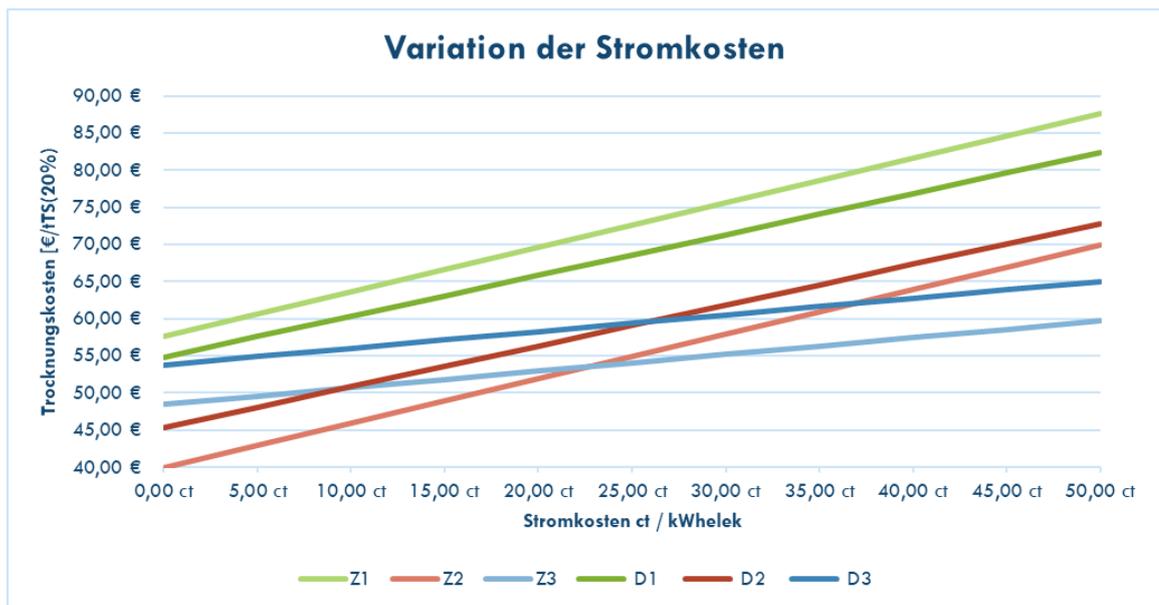


Abbildung 3: Variation der Entsorgungskosten

Die geringste Empfindlichkeit gegenüber steigenden Energiekosten weisen die so-laren Trocknungen der Varianten Z3 und D3 auf. Der Bedarf an elektrischer Ener-gie ist bei den vorgenannten Varianten am geringsten.

7.2 Variation der Wärmekosten

Die Variation der Wärmekosten erfolgt in einer Range zwischen 0,01 €/kWh_{therm.} und 0,05 €/kWh_{therm.}

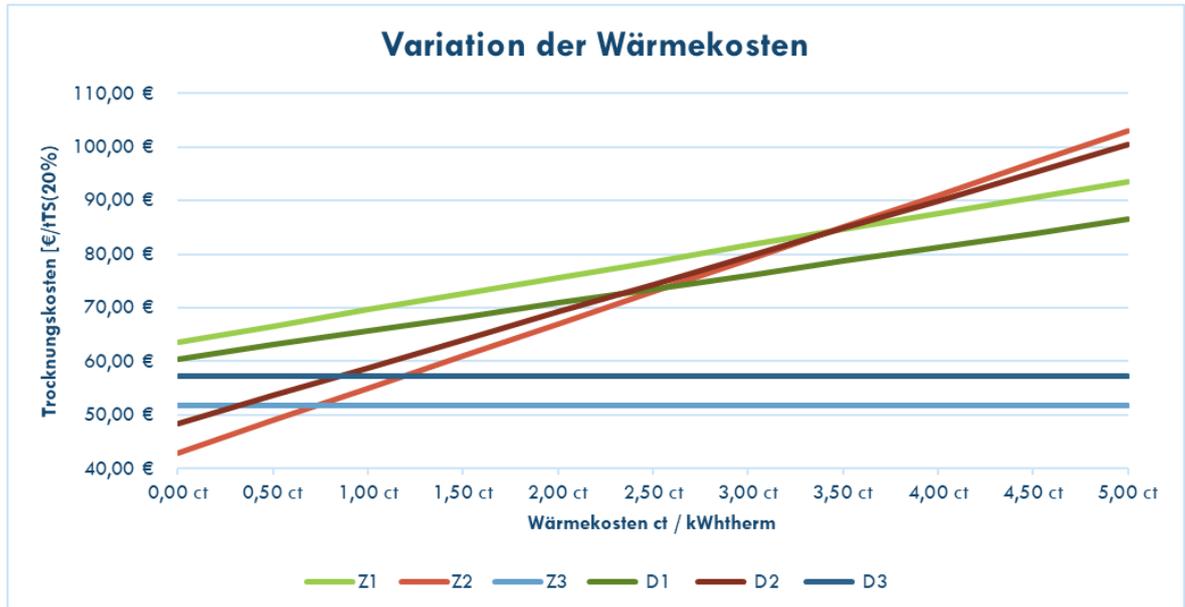


Abbildung 4: Variation der Wärmekosten

Der Bereich ergibt sich aus der Annahme zur Studie, dass die Wärme auf der Kläranlage Melle Mitte für einen Preis von 0,01 €/kWh zur Verfügung gestellt wird.

Völlig unempfindlich gegenüber der Steigerung der Wärmekosten sind die solaren Trockenanlagen. Dem gegenüber ist die thermisch gestützte Solaranlage auf sehr günstige Wärmeenergie für einen wirtschaftlichen Betrieb angewiesen, ebenso wie die maschinelle Klärschlamm-trocknung.

7.3 Sensitivität der Kapitalzinsen

Für die Variation der Kapitalzinsen wurde ein Streuungsbereich von 0% bis 5% gewählt.

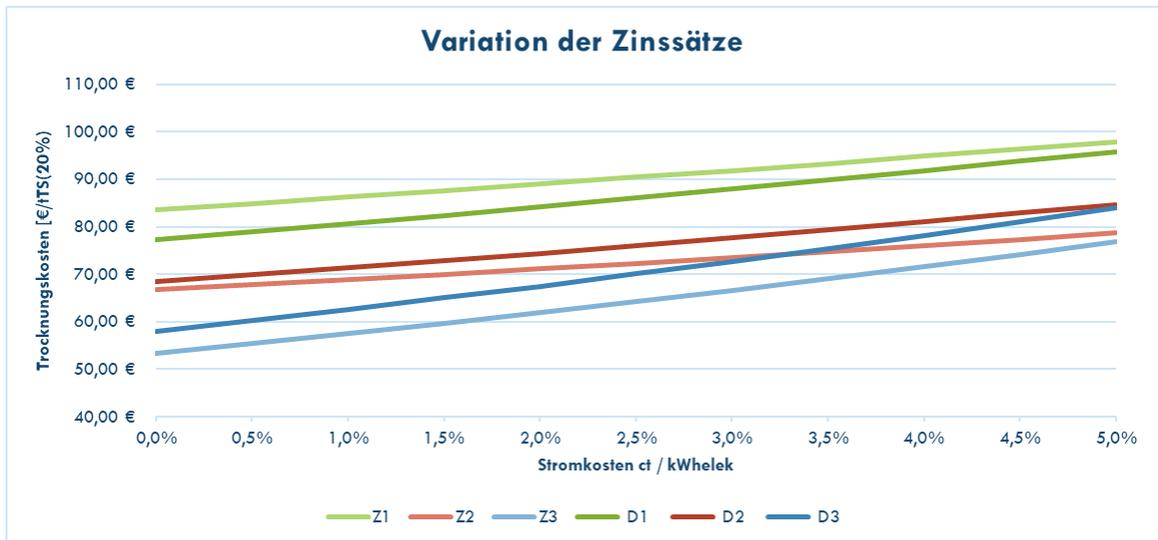


Abbildung 5: Variation der Zinssätze

Aufgrund der hohen baulichen Investitionskosten für die solaren Trocknungsanlagen Reagieren diese bei der Variation der Zinssätze am sensibelsten.

8 BEWERTUNG DER VARIANTEN UND EMPFEHLUNG

In der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Klärschlamm-trocknung im Stadtgebiet der Stadt Melle wurden 6 Varianten verglichen. Für die Bewertung wurde als Nullvariante das aktuelle Ausschreibungsergebnis der Klärschlamm-entsorgung über einen Dienstleister herangezogen. Zusätzlich wurde Ein Angebot zur interkommunalen Klärschlamm-trocknung auf der Kläranlage Georgsmarienhütte in die Betrachtungen einbezogen.

Die Ergebnisse der Betrachtung werden in der nachfolgenden Grafik zusammengefasst:

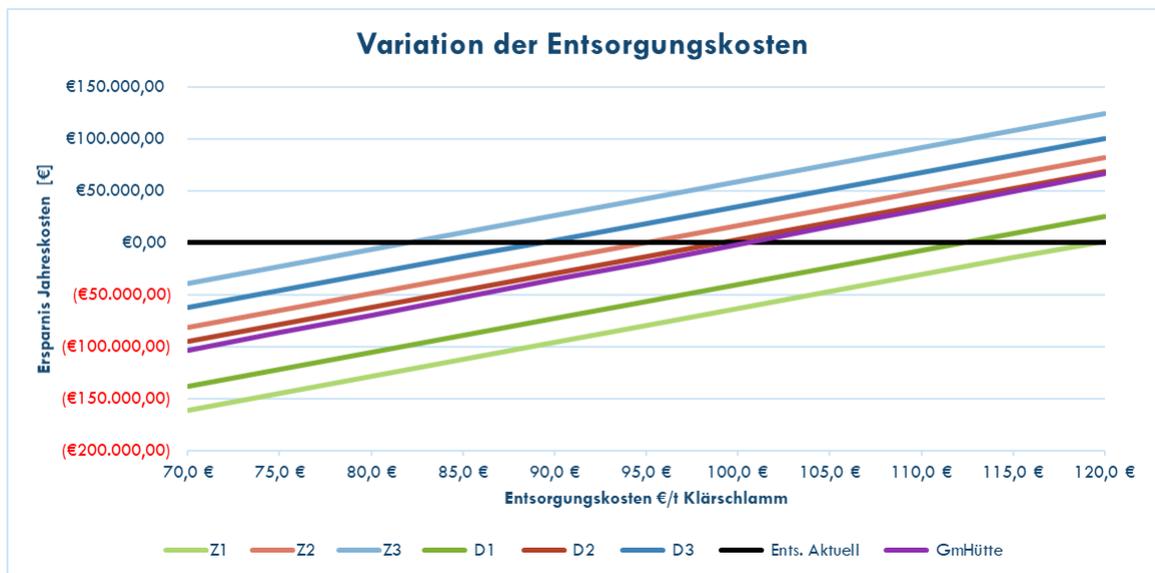


Abbildung 6: Variation der Entsorgungskosten

Die Installation und der Klärschlamm-trocknung ist nur dann wirtschaftlich, wenn durch die Reduktion der Klärschlamm-menge die Entsorgungskosten eingespart werden können. Je höher die zu erwartenden Entsorgungskosten, desto wirtschaftlicher ist die kommunale Klärschlamm-trocknung.

Die oben angeführte Grafik zeigt, dass sich bei dem aktuellen Szenario die Kosten für die Varianten Z3 und D3 und die Kosten für eine Entsorgung des entwässerten Schlammes (22 %TS) in etwa die Waage halten.

Bei den Varianten der Wärme gestützten Solartrocknung und der maschinellen Schlamm-trocknung (Band-trockner) ergibt sich in der Wirtschaftlichkeits-betrachtung ein Defizit von bis zu 55.000 € jährlich.

Für die Variante der interkommunalen Klärschlamm-trocknung auf der Kläranlage Georgsmarienhütte stellt sich eine Wirtschaftlichkeit bei Entsorgungskosten in Höhe von circa 100 € / t_{22% TS} ein.

Die solare Klärschlamm-trocknung hat im Vergleich zu den wärme-gestützten, beziehungsweise maschinellen Klärschlamm-trocknungen den wesentlichen Nachteil des enormen Flächenbedarfs. Auf der Zentralkläranlage Melle besteht derzeit keine Grundstücksverfügbarkeit für die Installation einer solchen Anlage.

Daraus ergibt sich als Empfehlung für das weitere Vorgehen der Stadt Melle unter den aktuellen Marktbedingungen keine eigene Trocknungsanlage zu bauen, sondern die Entsorgung der anfallenden Klärschlämme über einen externen Dienstleister zu vergeben.

Anlage 1

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Anlage 1.1

Variante Z1

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Gesamt		990,00 t/a	4500,00 t/a	1237,50 t/a	3262,50 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Herstellkosten					
Bau	392.117,14 €	1,50%	40 a		12.913,64 €
M. + E-MSR	1.702.671,43 €	1,50%	15 a		125.719,82 €
BNK	377.061,94 €	1,50%	15 a		27.841,05 €
Summe	2.471.850,51 €				166.474,50 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5	% Invest			1.960,59 €
Maschinenteknik	1,25	% Invest			21.283,39 €
Personalkosten	16	h/Woche	45,00	€/h	37.440,00 €
Versicherung/Sonstige	0,1	% Invest			2.471,85 €
					63.155,83 €
Variable Betriebskosten					
Strom	261.000	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	52.200,00 €
Wärme	2.610.000	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	26.100,00 €
Wasserbedarf	257,4	m ³ /d	1,25	€/m ³	321,75 €
Abwasseranfall	495	m ³ /a	2,25	€/m ³	1.113,75 €
Betriebsmittel (Säure)	16830	kg	0,25	€/kg	4.207,50 €
Transport	9600	tkm	2	€/tkm	19.200,00 €
					103.143,00 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					332.773,33 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					73,95 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					88,00 €/t
Kosten der Schlamm-entsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		
Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		
Schlamm-enge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		332.773,33 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		437.960,83 €		

Anlage 1.2

Variante Z2

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Gesamt		990,00 t/a	4500,00 t/a	1237,50 t/a	3262,50 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung		Jahreskosten
Solartrockner wärme gestützt					
Bau	860.000,00 €	1,50%	40 a		28.322,47 €
Einhausung	320.000,00 €	1,50%	20 a		18.363,19 €
M. + E-MSR	465.000,00 €	1,50%	15 a		34.334,11 €
BNK	296.100,00 €	1,50%	15 a		21.863,08 €
Summe	1.941.100,00 €				102.882,85 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5 % Invest				4.300,00 €
Maschinenteknik	1,25 % Invest				5.812,50 €
Personalkosten	10 h/Woche		45,00 €/h		23.400,00 €
Versicherung/Sonstiges	0,1 % Invest				1.941,10 €
					35.453,60 €
Variablen Betriebskosten					
Strom	261.000 kWh _{el} /a		0,2 €/kWh		52.200,00 €
Wärme	5.220.000 kWh _{therm} /a		0,01 €/kWh		52.200,00 €
Wasserbedarf	149 m ³ /d		1,25 €/m ³		185,63 €
Abwasseranfall	198 m ³ /a		2,25 €/m ³		445,50 €
Betriebsmittel (Säure)	- kg		0,25 €/kg		- €
Transport	9600 tkm		2 €/tkm		19.200,00 €
					124.231,13 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					262.567,57 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					58,35 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					69,43 €/t
Kosten der Schlammentsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		
Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		
Schlammmenge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		262.567,57 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		367.755,07 €		

Anlage 1.3

Variante Z3

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Gesamt		990,00 t/a	4500,00 t/a	1237,50 t/a	3262,50 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Herstellkosten					
Bau	2.020.000,00 €	1,50%	40 a		66.524,87 €
Einhausung	610.000,00 €	1,50%	20 a		35.004,83 €
M. + E-MSR	520.000,00 €	1,50%	15 a		38.395,14 €
BNK	567.000,00 €	1,50%	15 a		41.865,47 €
Summe	3.717.000,00 €				181.790,30 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5	% Invest			13.150,00 €
Maschinenteknik	1,25	% Invest			6.500,00 €
Personalkosten	6	h/Woche	45,00	€/h	14.040,00 €
Versicherung/Sonstiges	0,1	% Invest			3.717,00 €
					37.407,00 €
Variable Betriebskosten					
Strom	97.875	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	19.575,00 €
Wärme	-	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	- €
Wasserbedarf	99	m ³ /d	1,25	€/m ³	123,75 €
Abwasseranfall	-	m ³ /a	2,25	€/m ³	- €
Betriebsmittel (Säure)	-	kg	0,25	€/kg	- €
Transport	9600	tkm	0,2	€/tkm	1.920,00 €
					21.618,75 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					240.816,05 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					53,51 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					63,68 €/t
Kosten der Schlammentsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		
Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		
Schlammmenge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		240.816,05 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		346.003,55 €		

Anlage 1.4

Variante D1

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
		858,00 t/a	3900,00 t/a	1072,50 t/a	2827,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Band-trockner ZKA Melle					
Bau	359.825,14 €	1,50%	40 a		11.850,16 €
M. + E-MSR	1.562.451,43 €	1,50%	15 a		89.661,22 €
BNK	346.009,78 €	1,50%	15 a		25.548,26 €
Summe	2.268.286,35 €				127.059,63 €
Solartrockner Neuenkirchen					
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a		13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a		8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a		8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a		9.104,08 €
Summe	808.300,00 €				40.239,48 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5	% Invest			4.624,13 €
Maschinenteknik	1,25	% Invest			21.030,64 €
Personalkosten ZKA Melle	16	h/Woche	45,00	€/h	37.440,00 €
Personalkosten N	3	h/Woche	45,00	€/h	7.020,00 €
Versicherung/Sonstiges	0,1	% Invest			3.076,59 €
					73.191,35 €
Variablen Betriebskosten					
Band-trockner ZKA Melle					
Strom	226.200	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	45.240,00 €
Wärme	2.262.000	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	22.620,00 €
Wasserbedarf	223,08	m ³ /a	1,25	€/m ³	278,85 €
Abwasseranfall	429	m ³ /a	2,25	€/m ³	965,25 €
Betriebsmittel (Säure)	14586	kg	0,25	€/kg	3.646,50 €
Transport	0	tkm	0,2	€/tkm	- €
					72.750,60 €
Solare Trocknung Neuenkirchen					
Strom	13.050	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	2.610,00 €
Wärme	-	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	- €
Wasserbedarf	13,2	m ³ /a	1,25	€/m ³	16,50 €
Abwasseranfall	0	m ³ /a	2,25	€/m ³	- €
Betriebsmittel (Säure)	0	kg	0,25	€/kg	- €
					2.626,50 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					315.867,56 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					70,19 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					83,53 €/t
Kosten der Schlammentsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		
Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		

Schlamm-menge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		315.867,56 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		421.055,06 €		

Anlage 1.5

Variante D2

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
		858,00 t/a	3900,00 t/a	1072,50 t/a	2827,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Solartrockner wärme-gestützt ZKA Melle					
Bau	785.000,00 €	1,50%	40 a		25.852,49 €
Einhausung	300.000,00 €	1,50%	20 a		17.215,49 €
M. + E-MSR	465.000,00 €	1,50%	15 a		34.334,11 €
BNK	279.000,00 €	1,50%	15 a		20.600,47 €
Summe	1.829.000,00 €				98.002,56 €
Solartrockner Neuenkirchen					
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a		13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a		8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a		8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a		9.104,08 €
Summe	808.300,00 €				40.239,48 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5	% Invest			8.250,00 €
Maschinenteknik	1,25	% Invest			7.312,50 €
Personalkosten ZKA M	10	h/Woche	45,00	€/h	23.400,00 €
Personalkosten N	3	h/Woche	45,00	€/h	7.020,00 €
Versicherung/Sonstiges	0,1	% Invest			2.637,30 €
					48.619,80 €
Variabele Betriebskosten					
Solartrockner wärme-gestützt ZKA Melle					
Strom	226.200	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	45.240,00 €
Wärme	4.524.000	kWh _{therm} /a	0,01	€/ kWh	45.240,00 €
Wasserbedarf	128,7	m ³ /a	1,25	€/m ³	160,88 €
Abwasseranfall	171,6	m ³ /a	2,25	€/m ³	386,10 €
Betriebsmittel (Säure)	0	kg	0,25	€/kg	- €
Transport	0	tkm	0,2	€/tkm	- €
					91.026,98 €
Solartrockner Neuenkirchen					
Strom	13.050	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	2.610,00 €
Wärme	-	kWh _{therm} /a	0,01	€/ kWh	- €
Wasserbedarf	13,2	m ³ /d	1,25	€/m ³	16,50 €
Abwasseranfall	0	m ³ /a	2,25	€/m ³	- €
Betriebsmittel (Säure)	0	kg	0,25	€/kg	- €
					2.626,50 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					280.515,31 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					62,34 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					74,18 €/t
Kosten der Schlammentsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		

Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		
Schlamm-enge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		280.515,31 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		385.702,81 €		

Anlage 1.6

Variante D3

Schlammanfall		oTS	22%	80%	Verdampfung
Melle Mitte		660,00 t/a	3000,00 t/a	825,00 t/a	2175,00 t/a
EZG Westkläranlage		198,00 t/a	900,00 t/a	247,50 t/a	652,50 t/a
		858,00 t/a	3900,00 t/a	1072,50 t/a	2827,50 t/a
KA Neuenkirchen		132,00 t/a	600,00 t/a	165,00 t/a	435,00 t/a
Herstellkosten		Zins	Abschreibung	Jahreskosten	
Solartrockner ZKA					
Bau	1.820.000,00 €	1,50%	40 a		59.938,25 €
Einhausung	540.000,00 €	1,50%	20 a		30.987,88 €
M. + E-MSR	455.000,00 €	1,50%	15 a		33.595,75 €
BNK	506.700,00 €	1,50%	15 a		37.413,11 €
Summe	3.321.700,00 €				161.934,98 €
Solartrockner Neuenkirchen					
Bau	415.000,00 €	1,50%	40 a		13.667,24 €
Einhausung	150.000,00 €	1,50%	20 a		8.607,74 €
M. + E-MSR	120.000,00 €	1,50%	15 a		8.860,42 €
BNK	123.300,00 €	1,50%	15 a		9.104,08 €
Summe	808.300,00 €				40.239,48 €
Fixkosten Betrieb					
Betriebs- und Instandhaltungskosten					
Bautechnik	0,5	% Invest			11.925,00 €
Maschinentechnik	1,25	% Invest			7.187,50 €
Personalkosten	6	h/Woche	45,00	€/h	14.040,00 €
Personalkosten NK	3	h/Woche	45,00	€/h	7.020,00 €
Versicherung/Sonstiges	0,1	% Invest			4.130,00 €
					44.302,50 €
Variablen Betriebskosten					
Solare Trocknung ZKA Melle					
Strom	84.825	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	16.965,00 €
Wärme	-	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	- €
Wasserbedarf	85,8	m ³ /d	1,25	€/m ³	107,25 €
Abwasseranfall	0	m ³ /a	2,25	€/m ³	- €
Betriebsmittel (Säure)	0	kg	0,25	€/kg	- €
Transport	0	tkm	0,2	€/tkm	- €
					17.072,25 €
Solare Trocknung Neuenkirchen					
Strom	13.050	kWh _{el} /a	0,2	€/kWh	2.610,00 €
Wärme	-	kWh _{therm} /a	0,01	€/kWh	- €
Wasserbedarf	13,2	m ³ /a	1,25	€/m ³	16,50 €
Abwasseranfall	0	m ³ /a	2,25	€/m ³	- €
Betriebsmittel (Säure)	0	kg	0,25	€/kg	- €
					2.626,50 €
Übersicht					
Summe Jahreskosten netto					266.175,71 €
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), netto					59,15 €/t
Behandlungskosten pro t Schlamm (22% TS), brutto					70,39 €/t
Kosten der Schlammentsorgung					
Entwässerungsgrad	22%		80%		

Abgabekosten	85,00 €/t		85,00 €/t		
Schlammmenge	4500,00 t/a		1237,50 t/a		
Entsorgungskosten	382.500,00 €		105.187,50 €		
Behandlungskosten	- €		266.175,71 €		
Gesamtkosten	382.500,00 €		371.363,21 €		