



Benutzerhandbuch

Offsite Klärschlammstabilisierung

Amstetten, 23.10.2012

Impressum

Projekttitlel:	Offsite Klärschlammstabilisierung
Auftraggeber:	AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG Gruppe Wasser - Abteilung Siedlungswasserwirtschaft 3109 St. Pölten, Landhausplatz 1
Auftragnehmer:	IKW – Ingenieurkanzlei für Wasserwirtschaft, Umwelttechnik und Infrastruktur ZT-GmbH Burgenlandstraße 11 3300 Amstetten
ProjektleiterIn:	DI Martin Kaltenbrunner
Autor:	Mathias Heschl

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1	Allgemeine Grundlagen aus technischer und rechtlicher Sicht	3
1.2	Aufgabenstellung	4
2.	Beschreibung der Varianten	5
2.1	Variante "A": Aerobe Stabilisierung.....	5
2.1.1	Vorteile.....	6
2.1.2	Nachteile.....	6
2.2	Variante "F1": Nitrifikation/Denitrifikation mit MÜSE	6
2.2.1	Vorteile.....	6
2.2.2	Nachteile.....	6
2.3	Variante "F2": Nitrifikation/Denitrifikation ohne MÜSE	7
2.4	Sonstige Aspekte der Entscheidungsfindung und wichtige Hinweise zur Anwendung	7
3.	Dateneingabe und Bedienungsanleitung	9
3.1	Dateneingabebereich I.....	10
3.1.1	CSB Bemessungsbelastung Belebung[EW _{CSB120}].....	10
3.1.2	Durchschnittliche CSB Belastung Belebung[EW _{CSB120}].....	10
3.1.3	Distanz zwischen den Kläranlagen [km].....	10
3.1.4	Schlammalter [d]	11
3.1.5	TSBB [g/L].....	11
3.1.6	Volumen Belebungsbecken IST [m ³].....	11
3.1.7	Istvolumen Schlamm Speicher [m ³]	11
3.1.8	Strompreis [€/kWh].....	12
3.2	Dateneingabebereich II	12
3.2.1	V _{BB} Soll [m ³].....	12
3.2.2	Zusätzlich erforderliches VBB [m ³].....	12
3.2.3	Überschusschlammfall (Vorschlag) [m ³ /d].....	12
3.2.4	Überschusschlammfall [m ³ /d].....	12
3.2.5	TS - Gehalt Überschusschlamm Belebung (Vorschlag) [%].....	13
3.2.6	TS - Gehalt Überschusschlamm Belebung [%]	13
3.2.7	Vorhaltezeit Schlamm Speicher [d]	13
3.2.8	Sollvolumen Schlamm Speicher [m ³]	13
3.2.9	Zusätzlich erforderliches Volumen Schlamm Speicher [m ³].....	13
3.2.10	Jährliche Schlammmenge nach Schlamm Speicher [m ³ /a].....	14
3.2.11	TS-Gehalt nach Schlamm Speicher [%]	14
3.2.12	Spezifische Entsorgungskosten für Nassschlamm[€/m ³]	14
3.2.13	Spezifischer Faulgasertrag [l/(EW120*d)].....	15
3.2.14	Heizwert [kWh/m ³]	15
3.2.15	Wirkungsgrad elektrisch [%]	15
3.2.16	Wirkungsgrad thermisch [%]	15
3.2.17	Nutzungsgrad thermische Energie [%]	15
3.2.18	Erlös elektrische Energie [€/kWh]	16
3.2.19	Erlös thermische Energie [€/kWh].....	16
3.2.20	Elektrischer Energiebedarf Belüften Vorschlag [kWh/(EW120/a)]	16
3.2.21	Elektrischer Energiebedarf Belüften [kWh/(EW120/a)].....	16
3.2.22	Elektrischer Energiebedarf Rühren [kWh/(EW120/a)].....	16
3.2.23	Elektrischer Energiebedarf MÜSE Vorschlag [kWh/(EW120/a)].....	17
3.2.24	Elektrischer Energiebedarf MÜSE [kWh/(EW120/a)]	17

3.2.25	Elektrischer Energiebedarf Faulung [kWh/(EW120/a)]	17
3.2.26	Elektrischer Energiebedarf Entwässern [kWh/(EW120/a)]	17
3.3	Dateneingabebereich III	17
3.3.1	Spezifische Investitionskosten Belebungsbecken Vorschlag [€/m ³].....	17
3.3.2	Investkosten Belebungsbecken Vorschlag[€]	18
3.3.3	Tatsächliche Investkosten Belebungsbecken[€].....	18
3.3.4	Davon Reinvest nach 12,5 Jahren [€].....	18
3.3.5	Investitionskosten Schlamm-speicher (Vorschlag)[€].....	18
3.3.6	Tatsächliche Investitionskosten Schlamm-speicher [€]	18
3.3.7	Investitionskosten MÜSE[€]	19
3.3.8	zusätzliche Investitionskosten maschinelle Ausrüstung (12,5 Jahre)[€].....	19
3.3.9	zusätzliche Investitionskosten baulich (25 Jahre) [€]	19
3.3.10	Kalkulatorischer Zinssatz [%]	19
3.4	Kostenauswertung [€/a].....	19
3.4.1	Stromkosten [€/a]	19
3.4.2	Schlamm-sorgung [€/a]	20
3.4.3	Energieertrag [€/a].....	20
3.4.4	Investkosten Gesamt[€]	20
3.4.5	Reinvest nach 12,5 Jahren [€]	20
3.4.6	Projektkostenbarwert nach 25 Jahren [€]	20
3.5	Auswertung CO ₂ Vergleich [t CO ₂ /a]	21
3.5.1	Belüften und Rühren [t/a].....	21
3.5.2	Schlamm-behandlung [t/a]	21
3.5.3	LKW Transport [t/a].....	21
3.5.4	Elektrische CO ₂ Einsparung [t/a]	21
3.5.5	Thermische CO ₂ Einsparung [t/a]	21
3.5.6	CO ₂ Vergleich Gesamt [t/a]	22
3.6	Registerkarte Projektkostenbarwertberechnung 25 Jahre.....	22
3.7	Registerkarte CO ₂ -Vergleich.....	22
4.	Berechnungsbeispiele:.....	23
4.1	Beispiel 1	23
4.1.1	Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)	23
4.1.2	CO ₂ Vergleich	24
4.2	Beispiel 2.....	25
4.2.1	Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)	25
4.2.2	CO ₂ Vergleich	26
4.3	Beispiel 3.....	27
4.3.1	Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)	27
4.3.2	CO ₂ Vergleich	28
5.	Zusammenfassung, Ergebnis und Interpretation der Beispielberechnungen	29

1. Einleitung

Gegenwärtig werden Klärschlämme auf den kleineren Kläranlagen in Niederösterreich durchwegs (simultan) aerob stabilisiert, anschließend entwässert und verwertet. Die Stabilisierung des Klärschlammes erfolgt dabei unter erheblichem Energieaufwand durch Belüften und Rühren in den Belebungsbecken und erfordert anhand der Bemessungsvorgaben große Volumina für die Belebungsbecken, damit das erforderliche Schlammalter von 25 Tagen gewährleistet werden kann.

Ziel dieser Studie ist es festzustellen, ob Umstellungen der Betriebsweise von (simultaner) aerober Schlammstabilisierung (25 Tage Schlammalter) auf Nitrifikation/Denitrifikation (ca. 15 Tage Schlammalter) in Kooperation mit einer nahe gelegenen größeren Kläranlage, auf der der Klärschlamm in einer bestehenden Schlammfäulung ausgefault und das Faulgas genutzt werden kann, unter Berücksichtigung des Transportaufwandes, sinnvoll erscheinen. Außerdem soll aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht bewertet werden, ob bei erforderlicher Erweiterung oder Anpassung an den Stand der Technik von Kläranlagen eine diesbezügliche Berücksichtigung von Kooperationen sinnvoll ist.

Neben den oben angeführten energetischen und wirtschaftlichen Betrachtungen, die mit dem im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Excel-Programm vereinfacht und überschlägig abgeschätzt werden können, sind noch eine Reihe anderer Rahmenbedingungen im Einzelfall zu betrachten und zu berücksichtigen. Darauf wird im Punkt: 2.4 noch näher eingegangen.

1.1 Allgemeine Grundlagen aus technischer und rechtlicher Sicht

Die gegenständliche Studie wurde vom Amt der NÖ. Landesregierung, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft gemeinsam und in Abstimmung mit der Studie KLARAS (Kleine Abwasserreinigungsanlagen und anaerobe Schlammstabilisierung) beauftragt, die durch das Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien erstellt wurde. Diese Studie befasst sich unter anderem mit den theoretischen Grundlagen der Schlammstabilisierung auf die hier lediglich verwiesen wird.

In einem eigenen Teil der Studie der TU Wien wurde ebenfalls ein Excel-Berechnungsmodell AKF (Amortisationszeit kleiner Faulungsanlagen) erstellt, das zur Überprüfung der Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit der Errichtung einer Faulung auf kleineren Kläranlagen dient. Die gegenständliche Studie beschäftigt sich ausschließlich mit den Anlagen für die die Errichtung einer eigenen Faulung nicht wirtschaftlich ist.

Zu den allgemeinen Grundlagen der Klärschlammverwertung aus rechtlicher und technischer Sicht wird hier auf die Studie „Allgemeine Kriterien und Empfehlungen für die Klärschlammbehandlung und –verwertung in Kleinregionen“ verwiesen, die im Auftrag der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft des Amtes der NÖ. Landesregierung 2010 durch die Hydroingenieure und das Technische Büro Henninger & Kainz, beide aus Krems an der Donau, erstellt wurde.

1.2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für die Studie umfasste im Wesentlichen zwei getrennte Teile.

Im ersten Teil sollte untersucht werden, ob es bei bestehenden kleineren Kläranlagen bis 15.000 EW aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht Sinn machen kann, bezüglich Klärschlammstabilisierung und -verwertung mit einer nahe gelegenen großen Kläranlage mit eigener Faulung zu kooperieren. Dadurch könnten die aerobe Schlammstabilisierung und die weitere Manipulation des Klärschlammes vor Ort entfallen, was zu Einsparungen von Betriebskosten und Energie führen kann.

In Niederösterreich müssen in den nächsten Jahren noch zahlreiche Kläranlagen an den Stand der Technik angepasst werden. Im Teil zwei der Studie sollte das diesbezügliche Einsparungspotential bei kleineren Kläranlagen überprüft werden, wenn diese im Zuge einer wasserrechtlich erforderlichen Anpassung an den Stand der Technik oder einer Kapazitätserweiterung nicht mehr auf aerobe Schlammstabilisierung ausgelegt werden müssen, sondern die Schlammstabilisierung und Verwertung in Kooperation mit einer nahe gelegenen größeren Kläranlage mit Schlammfaulung zu der der nicht stabilisierte Klärschlamm transportiert werden kann, durchgeführt wird.

Für beide Aufgabenstellungen sollte anhand von praktischen Beispielkläranlagen und Variation von Kläranlagengröße und Transportweg die grundsätzliche Sinnhaftigkeit der oben angeführten Überlegungen abgeschätzt werden. In weiterer Folge sollte aufbauend auf den praktischen Beispielen ein allgemein nutzbares Berechnungsmodul zur Variantenberechnung erstellt werden, mit dem es mit möglichst geringem Aufwand für oft sehr unterschiedlich gelagerte Einzelfälle anhand einer überschlägigen Abschätzung möglich ist eine Entscheidungshilfe zu finden, ob die oben erwähnten Überlegungen weiter zu verfolgen sind. Dabei sollte anhand der Variantenvergleiche sowohl der finanzielle Aspekt als auch der Energieverbrauch anhand einer überschlägigen CO₂-Bilanzrechnung betrachtet werden.

Bei den praktischen Umsetzungsarbeiten stellte es sich als zielführend heraus, beide Teile der Aufgabenstellung in einem gemeinsamen Berechnungsprogramm umzusetzen. Bei den

Berechnungen gemäß der ersten Aufgabenstellung entfallen lediglich die Kosteneingaben für die Anpassung bzw. Erweiterung der Kläranlage.

Da bei den Überlegungen zur wirtschaftlichen und ökologischen Sinnhaftigkeit des Schlammtransports zu einer großen Kläranlage der Eindickungsgrad und damit die zu transportierenden Schlammengen eine entscheidende Rolle spielen wurde jeweils auch eine Variante mit Voreindickung des Schlammes auf der kleinen Kläranlage mittels mechanischer Überschussschlammwässerung in die Variantenberechnung aufgenommen.

2. Beschreibung der Varianten

Anhand einer Variantenberechnung mit dem vorgefertigten Excel-Tool kann eine Entscheidungsgrundlage erarbeitet werden, aus der hervorgeht, welche der drei vorgefertigten Varianten aus volkswirtschaftlicher Sicht bzw. anhand der Betrachtung einer überschlägigen CO₂-Bilanz empfehlenswert ist. Neben den betrachteten Aspekten, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Bilanz, gibt es noch einige andere Überlegungen, die für eine optimale und zukunftsorientierte Planungsentscheidung unbedingt zu betrachten sind, die in den Variantenbetrachtungen aber nicht aufgenommen werden konnten. Daher ist eine umfassende und gesamtheitliche Betrachtung unter Berücksichtigung auch anderer Aspekte durch einen fachkundigen Planer unumgänglich.

In der Folge werden kurz die im Excel-Tool zur Überprüfung vorgesehenen Varianten mit Ihren Vor- und Nachteilen erläutert. In der Folge werden auch einige nicht betrachtete Aspekte erwähnt, die für eine Entscheidungsfindung unbedingt berücksichtigt werden müssen.

2.1 Variante "A": Aerobe Stabilisierung

Die erste Variante „A“ entspricht einer simultanen, aeroben Stabilisierung bzw. einem Schlammalter von 25 Tagen. Der anfallende Überschussschlamm wird im Schlamm Speicher zwischengelagert, entwässert und entsprechend den lokalen Gegebenheiten entsorgt. Bei Kläranlagen ohne Erweiterungs- oder Anpassungsbedarf fallen bei dieser Variante keine Investitionskosten an. Anhand der Betriebsweise der Kläranlage und der einzugebenden Betriebswerte werden die Kostenvergleichs- und Energiekennzahlen ermittelt.

2.1.1 Vorteile

- Vollstabilisierter Schlamm
- Etwas geringerer Schlammanfall, in der Praxis aufgrund schlechterer Entwässerbarkeit meist nicht tatsächlich
- Höhere Reserven für Belastungstöße der Kläranlage
- Geringere Gefahr von Geruchsbelästigung

2.1.2 Nachteile

- Höherer Energieverbrauch für Belebung und damit Betriebskosten
- Häufig stoßartige Pressenwasserbelastung mehrmals jährlich, wenn der Schlamm durch mobile Pressen entwässert wird.
- Große Beckenvolumina für die Belebung erforderlich (hohe Investitionskosten)

2.2 Variante "F1": Nitrifikation/Denitrifikation mit MÜSE

Bei der zweiten Variante „F1“ wird im Belebungsbecken, bei einem Schlammalter von ca. 15 Tagen, ausschließlich nitrifiziert und denitrifiziert. Der nicht stabilisierte Schlamm wird im Anschluss mit einer mechanischen Überschussschlammeindickung entwässert und im Schlamm Speicher zwischengelagert. Aufgrund der Faulfähigkeit des Schlammes ist ein regelmäßiger Abtransport zur benachbarten Kläranlage mit Faulung erforderlich. Der Schlamm wird nach dem Transport ausgefault, entwässert und mit dem Schlamm der großen Kläranlage gemeinsam verwertet. Das entstehende Faulgas wird mit einem BHKW verstromt. Der produzierte Strom und im Idealfall auch die Wärme werden genutzt.

2.2.1 Vorteile

- Kleinere Beckenvolumina für die Belebung erforderlich
- Energetischer Nutzen durch Gasausbeute auf Faulungsanlage
- Geringerer Energieverbrauch in der Belebung
- Keine Stoßbelastung durch Schlammwasser auf der kleinen Kläranlage

2.2.2 Nachteile

- Faulfähiger Schlamm (Geruchsgefahr)
- Transportkosten für den Schlammtransport
- Faulraumkapazität auf der großen Kläranlage muss vorhanden sein
- Rückbelastung durch Schlammwasser auf großer Anlage

2.3 Variante "F2": Nitrifikation/Denitrifikation ohne MÜSE

Die Variante „F2“ entspricht im Prinzip der Variante F1, mit dem Unterschied, dass der Überschussschlamm nicht eingedickt wird. Dadurch erspart man sich die Investitionskosten für die MÜSE, muss jedoch mit höheren Transport- bzw. Entsorgungskosten rechnen.

2.4 Sonstige Aspekte der Entscheidungsfindung und wichtige Hinweise zur Anwendung

Um die Anwendbarkeit des Excel-Tools auf Kläranlagen verschiedener Größe und Konzeption zu gewährleisten, mussten beim Aufbau der Tools gewisse Vereinfachungen getroffen werden. Die Ergebnisse stellen demnach Abschätzungen dar und ersetzen nicht die regelkonforme Bemessung der Kläranlagen (z.B. ATV-DVWK-A131). Dies betrifft insbesondere die Abschätzung der Volumen für Belebungsbecken und den Schlammfall. Die Vorschläge für Investitionskosten beruhen auf Daten bereits realisierter Projekte und dienen AUSSCHLIESSLICH zur Vorselektion bzw. für eine grobe Abschätzung. Für die nähere Betrachtung sind UNBEDINGT sämtliche standortspezifische Parameter zu erheben und im Excel Tool zu berücksichtigen. Je mehr Daten für die Berechnung zur Verfügung stehen, umso exakter werden sie der Realität entsprechen.

Das vorliegende Excel-Tool und die durchgeführte Studie behandeln lediglich die wirtschaftlichen Aspekte und den energetischen Aspekt. Daneben gibt es sehr wichtige andere Entscheidungsgrundlagen, die in vielen Fällen maßgeblicher sein können als diese beiden Aspekte. Das vorliegende Excel-Tool sollte daher nur von Fachleuten mit entsprechender Erfahrung und dem erforderlichen Überblick eingesetzt werden. Dies ist auch unumgänglich weil zur richtigen Ermittlung der Eingabedaten diese Fachkenntnisse ebenfalls erforderlich sind. Die Ergebnisse können daher eine Hilfestellung zur Entscheidungsfindung darstellen, sind aber niemals die einzige Entscheidungsgrundlage und daher auch in keiner Weise bindend einzuhalten.

Zumindest folgende Aspekte sind nie außer acht zu lassen:

- Nach aktuellem Standpunkt der abwassertechnischen Amtssachverständigen in Niederösterreich wird bei der Erteilung von wasserrechtlichen Bewilligungen die Klärschlammbehandlung bzw. -verwertung und damit auch die Frage der Klärschlammstabilisierung nicht bewertet. Eine aerobe Stabilisierung des Klärschlammes wird daher nicht vorgeschrieben. Bei der Betriebsumstellung einer bestehenden Anlage, die mit aerober Stabilisierung auf ein kürzeres Schlammalter bemessen und bewilligt

wurde, gehen allerdings beträchtliche Sicherheiten verloren und daher ist eine derartige Betriebsumstellung jedenfalls wasserrechtlich relevant.

- Werden Überlegungen über die Schlammübernahme auf einer größeren Kläranlage angestellt, so muss jedenfalls geprüft werden, ob in der Faulung ausreichende Kapazitätsreserven vorhanden sind und ob die Belebung ausreichende Kapazitäten zur Behandlung der zusätzlichen Rückbelastung durch das Schlammwasser hat.
- Bei Auslegung einer Kläranlage ohne eigene Schlammstabilisierung ist zu prüfen, ob die gewählte Verwertungsschiene auch für die Zukunft dauerhaft sichergestellt werden kann oder andernfalls geeignete Alternativen bestehen.
- Allenfalls erforderliche Bewilligungen und Aufzeichnungspflichten gemäß Abfallwirtschaftsgesetz sind auf der Übernahmekläranlage unbedingt zu beachten.
- Jede Kläranlage hat die vorgeschriebenen Untersuchungs- und Aufzeichnungspflichten für Ihren Klärschlamm einzuhalten auch wenn der Klärschlamm von einer anderen Kläranlage übernommen wird.
- Das Vermischungsverbot gemäß Abfallwirtschaftsgesetz ist unbedingt zu beachten.
- Von nicht stabilisiertem Klärschlamm können bei der Lagerung, Manipulation und beim Transport hygienische Probleme und Geruchsprobleme verursacht werden, dies ist bereits bei der Konzeption von Anlagen zu beachten.

3. Dateneingabe und Bedienungsanleitung

Das Excel-Tool besteht aus folgenden 3 Tabellenblättern:

- Tabellenblatt „Dateneingabe und Ergebnisse“
- 2 Ergebnisgrafiken:
 - Projektkostenbarwertberechnung 25 Jahre (dynamisch)
 - CO₂ Vergleich

Das zentrale Element des Excel-Tools ist das Tabellenblatt „Dateneingabe und Ergebnisse“. Hier erfolgt die für die Berechnung der Projektkostenbarwertentwicklung nötige Eingabe der kläranlagenspezifischen Daten und die Ausgabe der Ergebnisse. Das Tabellenblatt ist wie folgt aufgebaut:

Tabelle 1: Aufbau „Dateneingabe und Ergebnisse“

Bereich	Inhalt	Farbe
<u>Dateneingabebereich I</u>	Grundparameter	weiß
<u>Dateneingabebereich II</u>	Schlamm, Faulung, elektrischer Bedarf	weiß
<u>Dateneingabebereich III</u>	Investitionen	weiß
Auswertung I	Kostenauswertung	orange
Auswertung II	CO ₂ Vergleich	orange

Dateneingabebereiche I, II und III

Die Dateneingabebereiche I, II und III sind von Zeile 1 - 44 durchnummeriert. Die Dateneingabe kann nur in den grau hinterlegten Feldern erfolgen. Gelbe Felder sind berechnete Empfehlungen und können für eine Vorselektion herangezogen werden. Die gelben Felder werden für die Berechnung NICHT automatisch übernommen. Der Anwender muss die tatsächlichen Werte bzw. die Vorschlagswerte in den grauen Feldern eintragen. Für genauere Ermittlungen sind die Daten der Kläranlage zu erheben. Die Eingabefelder sind zusätzlich durch die fett geschriebene Nummerierung (z.B. **1A**) gekennzeichnet.

Alle nicht grau hinterlegten Felder sind schreibgeschützt. Bei diesen Feldern wird die Dateneingabe anderer Felder übernommen oder es handelt sich um Berechnungsfelder bzw. Vorschlagsfelder.

Für einige Eingabefelder können Plausibilitätsbereiche hinterlegt sein. Bei einer Dateneingabe außerhalb der Plausibilitätsgrenzen erscheint ein Warnhinweis (siehe Abbildung 1). Das Fortfahren obliegt dem Anwender:

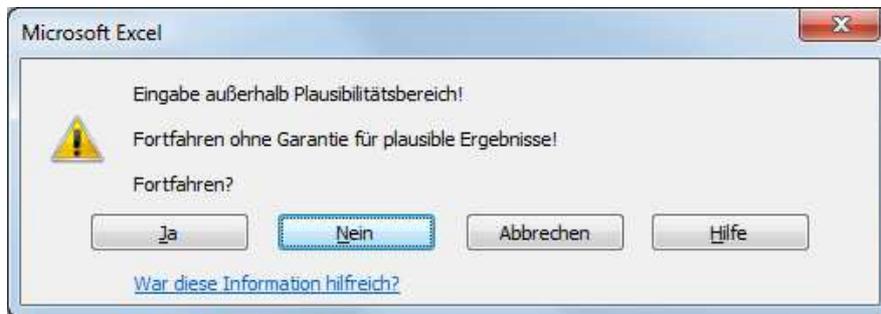


Abbildung 1: Warnhinweise bei Dateneingabe außerhalb Plausibilitätsgrenze

3.1 Dateneingabebereich I

3.1.1 CSB Bemessungsbelastung Belebung[EW_{CSB120}]

$$\boxed{1A} = \boxed{1F1} = \boxed{1F2}$$

Eingabebereich 1.000 – 15.000 EW_{CSB120}.

Einzugeben ist die Bemessungsbelastung der Kläranlage. Es ist wichtig zwischen der Bemessungsbelastung und der durchschnittlichen Belastung zu differenzieren. Über die durchschnittliche Belastung werden die laufenden Kosten berechnet während über die Bemessungsbelastung die erforderlichen Beckenvolumen berechnet werden.

3.1.2 Durchschnittliche CSB Belastung Belebung[EW_{CSB120}]

$$\boxed{2A} = \boxed{2F1} = \boxed{2F2}$$

Eingabebereich 1.000 – 15.000 EW_{CSB120}.

Einzugeben ist die durchschnittliche Belastung der Kläranlage. Die Vorschlagswerte im Bezug auf den Schlammfall werden über die durchschnittliche Belastung berechnet und dienen als Orientierungswerte. Die tatsächlichen Werte für den Schlammfall sind auf der Kläranlage zu erheben. Die Stromkosten und der Faulgasertrag werden ebenfalls auf Basis der mittleren CSB-Belastung berechnet.

3.1.3 Distanz zwischen den Kläranlagen [km]

$$\boxed{3A} = \boxed{3F1} = \boxed{3F2}$$

Die Distanz zwischen der Kläranlage und der nächsten Kläranlage mit Reservekapazitäten im Bereich der Faulung wird in das Feld **3A** eingetragen. Der Übertrag auf 3F1 und 3F2 funktioniert automatisch.

3.1.4 Schlammalter [d]

 $4A = 4F1 = 4F2$

Das Schlammalter für die Variante A muss mindestens 25 Tage betragen. Für eine entsprechende Nitrifikation bzw. Denitrifikation wird ein Schlammalter von 15 Tagen in den Varianten F1 und F2 festgelegt.

3.1.5 TSBB [g/L]

 $5A = 5F1 = 5F2$

Der TS_{BB} entspricht dem Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken. Der Eingabebereich liegt zwischen 3 – 6 g/L und kann für die Varianten **5A** bzw. **5F1** separat eingegeben werden und wird für 5F2 automatisch übernommen. Der TS_{BB} beeinflusst das erforderliche Volumen des Belebungsbeckens. Bei Bestandsüberrechnungen kann der gemessene Wert verwendet werden. Bei Neudimensionierungen ist nach der Bemessung entsprechend der ATV-DVWK-A131 im Bezug auf die Kapazität der Nachklärung vorzugehen.

3.1.6 Volumen Belebungsbecken IST [m³]

 $6A = 6F1 = 6F2$

Das vorhandene nutzbare Volumen des Belebungsbeckens der Kläranlage ist hier einzugeben. Ist z.B. der maschinelle Teil des Belebungsbeckens zu sanieren und der bauliche in Ordnung kann das gesamte vorhandene Volumen hier eingetragen werden. Die Kosten für die maschinelle Ausrüstung können einfach in den Feldern 42 ergänzt werden. Die Werte im Feld **6A** werden automatisch auf 6F1 und 6F2 übertragen. Für den Fall, dass das Belebungsbeckenvolumen für eine der Varianten nicht ausreichend ist ($V_{BB} \text{ Soll} < V_{BB} \text{ IST}$), errechnet das Programm das fehlende Volumen. Ist das gesamte Belebungsbecken neu zu errichten, ist der Wert 0 einzugeben.

3.1.7 Istvolumen Schlamm Speicher [m³]

 $7A = 7F1 = 7F2$

Das vorhandene nutzbare Schlamm Speichervolumen der Kläranlage ist hier einzugeben. Ist kein Schlamm Speicher vorhanden, ist der Wert 0 einzugeben

3.1.8 Strompreis [€/kWh]

 **8A** = **8F1** = **8F2**

Der durchschnittliche Strompreis der Kläranlage ist in das Feld **8A** einzugeben und wird automatisch auf die Felder 8F1 und 8F2 übertragen. Auf die variablen verbrauchsabhängigen Kosten wird in dieser Berechnung nicht eingegangen.

3.2 Dateneingabebereich II

3.2.1 V_{BB} Soll [m³]

 **9A** **9F1** **9F2**

Das erforderliche Volumen des Belebungsbeckens wird in den Feldern 9A, 9F1 und 9F2 ausgegeben. Es wird mit Hilfe einer vereinfachten ATV-DVWK- A131 Berechnung und auf Basis der Bemessungsbelastung ermittelt.

3.2.2 Zusätzlich erforderliches VBB [m³]

 **10A** **10F1** **10F2**

Aus dem vorhandenem Volumen und dem Sollvolumen wird die erforderliche Erweiterung der Belebung ermittelt.

3.2.3 Überschussschlammanfall (Vorschlag) [m³/d]

 **11A** **11F1** **11F2**

Die Felder 11A, 11F1 und 11F2 stellen Vorschlagsfelder aufgrund der durchschnittlichen CSB Belastung dar. Es ist zu empfehlen den tatsächlichen Schlammanfall zu erheben. Die Berechnung berücksichtigt den PO₄ – P Fällschlamm. Der tatsächliche Schlammanfall ist in das Feld 12A einzutragen.

3.2.4 Überschussschlammanfall [m³/d]

 **12A** **12F1** **12F2**

Der tatsächliche Schlammanfall ist im Feld **12A** einzutragen. Der theoretische Schlammanfall wird anschließend auf Basis des geringeren Schlammalters für die Varianten F1 und F2 berechnet.

3.2.5 TS - Gehalt Überschussschlamm Belebung (Vorschlag) [%]



Die Felder 13A, 13F1 und 13F2 stellen Vorschlagsfelder dar. Es ist zu empfehlen den tatsächlichen TS - Gehalt des Überschussschlammes zu erheben und in den Feldern **13A** und **13F1** einzutragen.

3.2.6 TS - Gehalt Überschussschlamm Belebung [%]

 = =

Der tatsächliche TS - Gehalt des Überschussschlammes ist im Feld **14A** einzutragen und wird für die Felder 14F1 und 14F2 übernommen. Der Überschussschlamm wird in den Schlamm Speicher transportiert. In der Variante F1 wird der Schlamm vor dem Schlamm Speicher über eine MÜSE entwässert. Der Schlamm wird im Schlamm Speicher über die Schwerkraft weiter eingedickt.

3.2.7 Vorhaltezeit Schlamm Speicher [d]



Über die Vorhaltezeit wird die Verweilzeit des Schlammes im Speicher definiert. Die Eingabe erfolgt in Tagen. Aufgrund der Faulfähigkeit des nicht aerob stabilisierten Schlammes muss der Abtransport zur Kläranlage mit Faulung innerhalb weniger Tage erfolgen, bevor der Schlamm zu faulen beginnt. Der aerob stabilisierte Schlamm lässt sich länger lagern und wird mehrmals jährlich entwässert. Der Speicher muss groß genug sein um den Schlamm während dieser Perioden zu lagern. Je öfter der Klärschlamm mobil entwässert wird umso höher werden die spezifischen Entsorgungskosten ausfallen.

3.2.8 Sollvolumen Schlamm Speicher [m³]



Das erforderliche Volumen des Schlamm Speichers wird aufgrund des täglichen Schlamm anfalles und der Vorhaltezeit im Schlamm Speicher berechnet. Die Ausgabe erfolgt in den Feldern 16A, 16F1 und 16F2.

3.2.9 Zusätzlich erforderliches Volumen Schlamm Speicher [m³]



Aus dem vorhandenem Volumen und dem Sollvolumen des Schlamm Speichers wird eine eventuell erforderliche Erweiterung des Schlamm Speichervolumens berechnet.

3.2.10 Jährliche Schlammmenge nach Schlamm Speicher [m³/a]

 **18A** **18F1** **18F2**

Der Schlammanfall nach dem Schlamm Speicher entspricht jener Jahresmenge an Schlamm, die auf der Kläranlage anfällt. In Variante A ist diese Menge zu entwässern bzw. anschließend zu entsorgen. Für die Varianten F1 und F2 handelt es sich um die Mengen die zur Kläranlage mit Faulung transportiert werden.

3.2.11 TS-Gehalt nach Schlamm Speicher [%]

 **19A** **19F1** **19F2**

Die jährliche Schlammmenge wird wesentlich vom TS - Gehalt im Schlamm Speicher beeinflusst. Je besser der Schlamm eindickt umso geringer wird die jährliche Gesamtschlammmenge ausfallen. Der TS – Gehalt des Schlammes nach dem Schlamm Speicher kann die Entsorgungskosten und die Transportkosten wesentlich beeinflussen. Für das Feld **19F1** wird der TS-Gehalt nach der MÜSE benötigt. Die Felder **19A** und **19F2** entsprechen dem TS Gehalt im Speicher ohne MÜSE. Je höher der TS Gehalt liegt umso geringer werden die Transportkosten für die Varianten F1 und F2 ausfallen. Berechnet ein Entsorger die spezifischen Kosten für die Schlammübernahme nach Tonnen und ohne Berücksichtigung des TS Gehaltes sinken die Entsorgungskosten bei steigendem TS Gehalt.

3.2.12 Spezifische Entsorgungskosten für Nassschlamm[€/m³]

 **20A** **20F1** **20F2**

In die Felder **20A**, **20F1** und **20F2** sind die spezifischen Entsorgungskosten einzutragen. Für exakte Aussagen sind unbedingt Angebote von Entsorgern vor Ort einzuholen. Die spezifischen Entsorgungskosten beziehen sich auf den Nassschlamm nach dem Schlamm Speicher.

Beispiel:

TS Gehalt Schlamm: 3 %

Menge: 500 m³/a

Die Kosten für die Variante A müssen unbedingt die Kosten inklusive der erforderlichen Entwässerung und der anschließenden Entsorgung beinhalten. Für den Fall, dass die Kosten für die Entsorgung(z.B.: 50 €/t entwässerter Schlamm) und die Entwässerung separat entrichtet werden sind die Kosten zu addieren und auf den jährlichen Nassschlammanfall nach dem Schlamm Speicher hochzurechnen bzw. aufzuteilen. Aufgrund der vielen Entsorgungsschienen ist eine Vergleichbarkeit ansonsten nur schwer realisierbar. Im Fall der

Variante F1 und F2 müssen die Kosten den Transport von der Kläranlage zur Kläranlage mit Schlammfäulung inkl. der zu bezahlenden Übernahmekosten enthalten.

3.2.13 Spezifischer Faulgasertrag [l/(EW120*d)]

 =

Der spezifische Faulgasertrag liegt für Schlämme nach abgeschlossener Nitrifikation/Denitrifikation ohne Vorklärung bei 6,0 – 10,0 l/(EW₁₂₀*d). Der Ertrag ist in das Feld **21F1** einzutragen und wird automatisch für das Feld 21F2 übernommen.

3.2.14 Heizwert [kWh/m³]

 =

Der spezifische Heizwert liegt bei Faulgas zwischen 5 – 7 kWh/m³. Der Heizwert ist in das Feld **22F1** einzutragen und wird automatisch für das Feld 22F2 übernommen.

3.2.15 Wirkungsgrad elektrisch [%]

 =

Der elektrische Wirkungsgrad eines BHKW liegt je nach Größe und Ausführung zwischen 25 – 40 %. Der Wirkungsgrad ist in das Feld **23F1** einzutragen und wird automatisch für das Feld 23F2 übernommen.

3.2.16 Wirkungsgrad thermisch [%]

 =

Der thermische Wirkungsgrad eines BHKW liegt je nach Größe und Ausführung zwischen 40 - 60 %. Der Wirkungsgrad ist in das Feld **24F1** einzutragen und wird automatisch für das Feld 24F2 übernommen.

3.2.17 Nutzungsgrad thermische Energie [%]

 =

Der Nutzungsgrad der thermischen Energie entspricht jenem Anteil an Wärme, der frei wird und für den Prozess oder z.B. eine Fernwärmeheizung genutzt werden kann. Der Nutzungsgrad ist in das Feld **25F1** einzutragen und wird automatisch für das Feld 25F2 übernommen.

3.2.18 Erlös elektrische Energie [€/kWh]

 =

Im Normalfall wird durch die Stromproduktion nur der Eigenstrombedarf einer Kläranlage, bzw. ein Teil davon, gedeckt. Übersteigt die Produktion allerdings den Verbrauch wird der Strom ins Stromnetz eingespeist. Für diesen Fall kann hier ein Mischerlös eingetragen werden.

3.2.19 Erlös thermische Energie [€/kWh]

 =

Der Energieerlös entspricht jenem Preis, dem man für ein kWh an Energie zu zahlen hätte. Die Energie kann entweder in ein Fernwärmenetz eingespeist werden oder der Kläranlage zur Wärmeversorgung dienen. Der Preis soll einen für die Kläranlage spezifischen Mischerlös darstellen. Aus dem Nutzungsgrad und dem thermischen Erlös errechnet sich die jährliche thermische Energievergütung. Zusammen mit der elektrischen Energievergütung wird die Energievergütung in €/a für Feld 47 F1 und 47 F2 berechnet.

3.2.20 Elektrischer Energiebedarf Belüften Vorschlag [kWh/(EW120/a)]



Bei den Feldern 28A, 28F1 und 28F2 handelt es sich um Vorschlagsfelder und theoretische Werte. Für genauere Aussagen ist es erforderlich sich mit der Situation auf der Kläranlage zu beschäftigen. Alte Gebläse haben im Normalfall einen höheren Strombedarf als neue. Eine Überrechnung in Form eines Energiekonzeptes oder Messungen sind zu empfehlen.

3.2.21 Elektrischer Energiebedarf Belüften [kWh/(EW120/a)]



In die Felder **29A** und **29F1** ist der spezifische elektrische Energiebedarf für das Belüften einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen 11,5 – 22 kWh/(EW₁₂₀*a). Der gesamte Strombedarf wird über die durchschnittliche CSB - Belastung hochgerechnet.

3.2.22 Elektrischer Energiebedarf Rühren [kWh/(EW120/a)]



In die Felder **30A** und **30F1** ist der spezifische elektrische Energiebedarf für das Rühren einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen 1,5 – 4,5 kWh/(EW₁₂₀*a). Eine Abschätzung aufgrund der Situation vor Ort ist erforderlich.

3.2.23 Elektrischer Energiebedarf MÜSE Vorschlag [kWh/(EW120/a)]



Bei dem Feld 30F1 handelt es sich um ein Vorschlagsfeld. Der Energiebedarf für die MÜSE wurde auf Basis von Herstellerangaben berechnet.

3.2.24 Elektrischer Energiebedarf MÜSE [kWh/(EW120/a)]



In das Feld **32F1** ist der spezifische elektrische Energiebedarf für die MÜSE einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen 0,5 – 1,0 kWh/(EW₁₂₀*a).

3.2.25 Elektrischer Energiebedarf Faulung [kWh/(EW120/a)]



In das Feld **33F1** ist der spezifische elektrische Energiebedarf für die Faulung einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen 1,0 – 2,5 kWh/(EW₁₂₀*a). Der Wert wird automatisch auf 33F2 übertragen. Um eine Abschätzung treffen zu können werden die Werte der großen Anlage mit Faulung benötigt.

3.2.26 Elektrischer Energiebedarf Entwässern [kWh/(EW120/a)]



In die Felder **34A** und **34F1** ist der spezifische elektrische Energiebedarf für das Entwässern einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen 0,5 – 3,5 kWh/(EW₁₂₀*a). Für die Variante A muss der Strombedarf für die mobile Entwässerung berücksichtigt werden. Für die Varianten F1 und F2 ist der Strombedarf der Entwässerung auf der großen Kläranlage mit Faulung entscheidend.

3.3 Dateneingabebereich III

3.3.1 Spezifische Investitionskosten Belebungsbecken Vorschlag [€/m³]



Bei den Feldern 35A, 35F1 und 35F2 handelt es sich um Vorschlagsfelder. Die Investitionskosten werden aufgrund bereits realisierter Bauvorhaben mit der Preisbasis von 2012 berechnet. Es sind sowohl die Baukosten als auch die maschinelle Ausrüstung und die Elektro - Mess - Steuer Regeltechnik (EMSR) enthalten. Je größer die erforderliche Erweiterung des Belebungsbeckenvolumens ist umso geringer werden die spezifischen Kosten ausfallen.

3.3.2 Investkosten Belebungsbecken Vorschlag[€]

 **36A** **36F1** **36F2**

Die spezifischen Kosten werden in den Feldern 36 A – F2 auf Investitionskosten für das Belebungsbecken hochgerechnet. Der Vorschlag für die Gesamtinvestkosten errechnet sich aus den spezifischen Investkosten und dem zusätzlich erforderlichen Belebungsbeckenvolumen aus den Feldern 10 A – F2.

3.3.3 Tatsächliche Investkosten Belebungsbecken[€]

 **37A** **37F1** **37F2**

In die Felder **37A**, **37F1** und **37F2** sind die tatsächlichen Investitionskosten des Belebungsbeckens einzutragen. Die Vorschlagsfelder 35 und 36 sind für die Vorselektion gedacht. Vor Investitionsentscheidungen sind die örtlichen Gegebenheiten unbedingt zu berücksichtigen. Es ist zwingend erforderlich für die nähere Betrachtung selbst fundierte Kostenschätzungen vorzunehmen.

3.3.4 Davon Reinvest nach 12,5 Jahren [€]

 **38A** **38F1** **38F2**

Der maschinelle Teil sowie die EMSR Technik des Belebungsbeckens sind nach 12,5 Jahren als Reinvest zu rechnen. Der bauliche Teil wäre nach 25 Jahren zu reinvestieren, allerdings endet der Betrachtungszeitraum vor der baulichen Reinvestition.

3.3.5 Investitionskosten Schlammspeicher (Vorschlag)[€]

 **39A** **39F1** **39F2**

Die Felder 39 A – 39 F2 stellen Vorschlagsfelder für die Investkosten des Schlammspeichers dar. Als Basis wurde die standardisierte Variantenuntersuchung des Landes Niederösterreich herangezogen. Die Vorschlagswerte dienen nur als Vorselektion.

3.3.6 Tatsächliche Investitionskosten Schlammspeicher [€]

 **40A** **40F1** **40F2**

Die Investkosten für den Schlammspeicher sind ebenfalls entsprechend den Gegebenheiten vor Ort zu erheben.

3.3.7 Investitionskosten MÜSE[€]



Die Besonderheit der Variante F1 ist die Schlammeindickung mit Hilfe der MÜSE(maschinelle Überschussschlammeindickung) vor dem Schlamm Speicher. In das Feld **41F1** sind die Investitionskosten der MÜSE einzutragen. Der Plausibilitätsbereich liegt zwischen € 65.000 – € 100.000.

3.3.8 zusätzliche Investitionskosten maschinelle Ausrüstung (12,5 Jahre)[€]



Bei den Feldern **42A**, **42F1** und **42F2** besteht die Möglichkeit sonstige Investitionskosten für die maschinelle Ausrüstung bzw. die EMSR Technik einzutragen. Diese Felder sind für einen Reinvestitionszeitraum von 12,5 Jahren vorgesehen.

3.3.9 zusätzliche Investitionskosten baulich (25 Jahre) [€]



Bei den Feldern **43A**, **43F1** und **43F2** besteht die Möglichkeit sonstige bauliche Investitionen einzutragen. Diese Felder sind für einen Reinvestitionszeitraum von 25 Jahren vorgesehen.

3.3.10 Kalkulatorischer Zinssatz [%]

 = =

Das Feld **44A** ist für die Eingabe des kalkulatorischen Zinssatzes für die Projektkostenbarwertberechnung vorgesehen. Der Zinssatz wird für alle 3 Varianten gleich angesetzt.

3.4 Kostenauswertung [€/a]

Im vierten Abschnitt sind sowohl die laufenden als auch die Invest- bzw. Reinvestkosten zusammengefasst. Abschließend sind die Projektkostenbarwerte nach 25 Jahren dargestellt.

3.4.1 Stromkosten [€/a]



Die Stromkosten setzen sich aus den Kosten für den Betrieb des Belebungsbeckens bzw. die weitergehende Schlammbehandlung zusammen. Der Energiebedarf außerhalb des Systems wird nicht betrachtet.

3.4.2 Schlammentsorgung [€/a]

 46A 46F1 46F2

Die Schlammentsorgungskosten setzen sich aus den Kosten für den Transport, die Schlammübernahmen bzw. auch die Schlammwässerung zusammen.

3.4.3 Energieertrag [€/a]

 47F1 47F2

Der Energieertrag wird für die Felder 47F1 und 47F2 berechnet. Er berücksichtigt den Energieertrag, elektrisch und thermisch, aus der Faulgasnutzung des Schlammes.

3.4.4 Investkosten Gesamt[€]

 48A 48F1 48F2

Die gesamten Investkosten zu Beginn der Berechnung sind in den Feldern 48A – 48F2 aufgelistet.

3.4.5 Reinvest nach 12,5 Jahren [€]

 49A 49F1 49F2

Hier sind die Reinvestkosten nach 12,5 Jahren aufgelistet. Sie setzen sich zusammen aus den Kosten für die MÜSE, das Belebungsbecken und den zusätzlichen Investkosten für maschinelle Ausrüstung.

3.4.6 Projektkostenbarwert nach 25 Jahren [€]

 50A 50F1 50F2

Die Projektkostenbarwerte nach 25 Jahren sind in den Feldern 49 A – 49 F1 abschließend dargestellt. Der Projektkostenbarwert mit der geringsten Summe stellt das günstigste Modell dar.

3.5 Auswertung CO₂ Vergleich [t CO₂/a]

3.5.1 Belüften und Rühren [t/a]



In den Feldern 51A – 51F2 wird der jährliche CO₂ Ausstoß, verursacht durch Belüftung bzw. Rühren der Belebungsbecken, ausgegeben. Über den jährlichen Stromverbrauch in kWh kann der CO₂ Ausstoß in t/a berechnet werden. Der spezifische CO₂ Ausstoß von 154,7 g/kWh entspricht laut e-control dem österreichischen Durchschnittswert.

3.5.2 Schlammbehandlung [t/a]



In den Feldern 52A – 52F2 wird der jährliche CO₂ Ausstoß, verursacht durch die Schlammbehandlung, ausgegeben. Der CO₂ Ausstoß der Schlammbehandlung wird über den Stromverbrauch der verwendeten Aggregate (MÜSE, Faulturm, Kammerfilterpresse) hochgerechnet.

3.5.3 LKW Transport [t/a]



Der CO₂ Ausstoß durch den LKW Transport wurde mit einem Durchschnittswert von ca. 786 g CO₂/km berechnet. Die Systemgrenzen enden in diesem Fall nach der Entwässerung des Klärschlammes. Der Aufwand für die Entsorgung wird im Bezug auf die CO₂ Belastung nicht erfasst.

3.5.4 Elektrische CO₂ Einsparung [t/a]



Der von den BHKW's produzierte Strom wird, über den in Punkt 3.5.1 angeführten spezifischen Äquivalentwert von 154,7 g CO₂/kWh_{ele. Strom}, umgerechnet. Dadurch erhält man die jährliche CO₂ Ersparnis durch die Stromproduktion aus dem Faulgas.

3.5.5 Thermische CO₂ Einsparung [t/a]



Die von den BHKW's produzierte Wärmeenergie wird, über einen Äquivalentwert von 260 g CO₂/kWh im Bezug auf Heizöl hochgerechnet. Dadurch erhält man die jährliche CO₂ Ersparnis durch die Wärmeproduktion aus dem Faulgas.

3.5.6 CO₂ Vergleich Gesamt [t/a]



56A

56F1

56F2

Der gesamte CO₂ Ausstoß innerhalb der festgelegten Grenzen wird in den Feldern 56A – 56F2 ausgegeben.

3.6 Registerkarte Projektkostenbarwertberechnung 25 Jahre

In dieser Registerkarte ist eine grafische Darstellung der Ergebnisse der dynamischen Projektkostenbarwertberechnung über 25 Jahre wiedergegeben. Je geringer der Projektkostenbarwert umso günstiger ist die Variante nach 25 Jahren. Die Schnittpunkte von Kurven mit höheren Investkosten und Kurven mit niedrigeren Investkosten lassen auf die Amortisationszeit der Varianten mit höheren Investkosten schließen.

3.7 Registerkarte CO₂-Vergleich

In dieser Registerkarte ist ein Balkendiagramm zur Veranschaulichung der wichtigsten Energieaufwände und –erträge der einzelnen Varianten im Vergleich dargestellt, wie Belüften und Rühren, Schlammbehandlung, LKW-Transport, elektrische CO₂-Ersparnis, thermische CO₂-Ersparnis und CO₂-Gesamtvergleich.

4. Berechnungsbeispiele:

4.1 Beispiel 1

Im ersten Beispiel wird eine Kläranlage mit 3.000 EW Bemessungsbelastung betrachtet. Die durchschnittliche CSB Belastung beträgt 2.000 EW. Der Schlamm wird im Moment vollstabilisiert und anschließend über eine Kompostieranlage entsorgt. Die Kläranlage entspricht zwar dem Stand der Technik, aber durch eine stark steigende Einwohnerzahl wäre ein Ausbau der Kläranlage erforderlich. Durch eine Umstellung der Betriebsweise auf Nitrifikation und Denitrifikation bei gleichzeitiger Reduktion des Schlammalters sinkt das erforderliche Belebungsbeckenvolumen. Ein Ausbau der Kläranlage ist somit nicht mehr erforderlich. Die Distanz zur benachbarten Kläranlage mit ausreichend Faulraumkapazitäten beträgt 24 km.

4.1.1 Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)

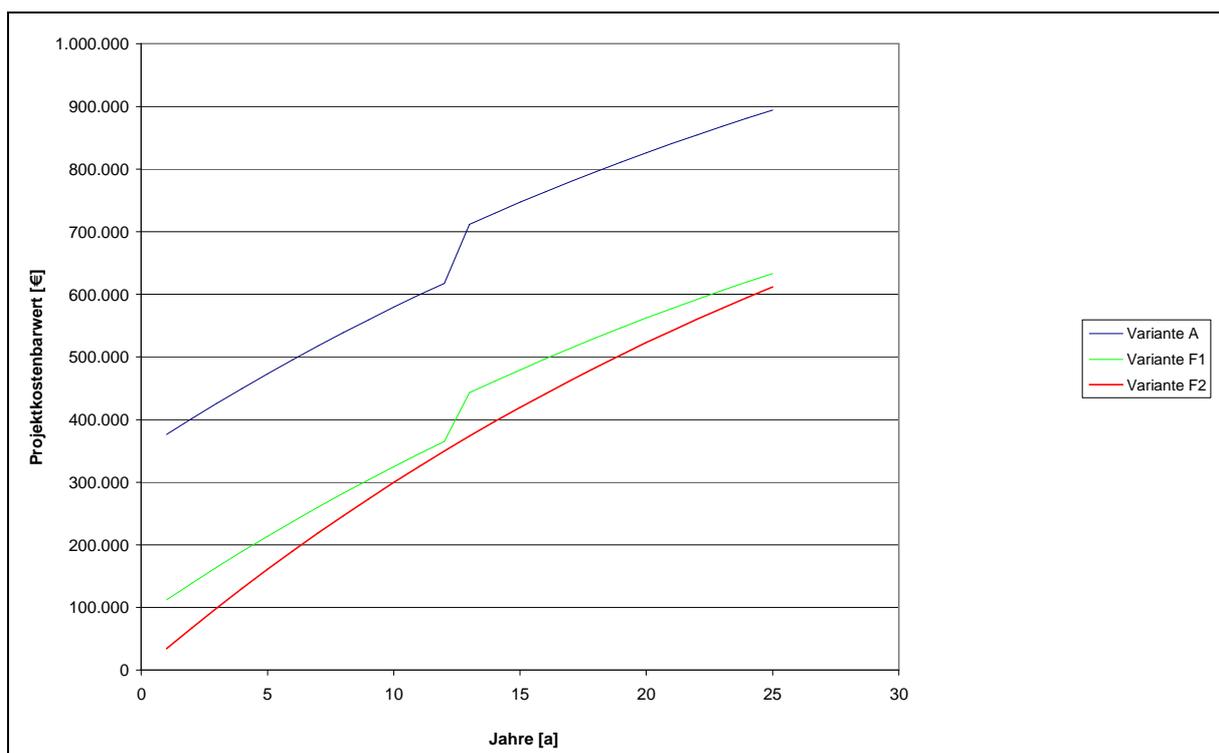


Abbildung 2: Projektkostenbarwertberechnung Beispiel 1

In Abbildung 2 sind die 3 Varianten in Form von Projektkostenbarwerten dargestellt. Durch die erforderlichen Investitionskosten startet die Kurve der Variante „A“ wesentlich höher als bei den Varianten „F1“ und „F2“. Die Vollstabilisierung ist in diesem Fall aus wirtschaftlicher Sicht nicht zu empfehlen. Die Varianten „F1“ und „F2“ sind im Detail näher zu betrachten. Hier stellt sich die Frage ob die Investition in die MÜSE rentabel ist oder nicht.

4.1.2 CO₂ Vergleich

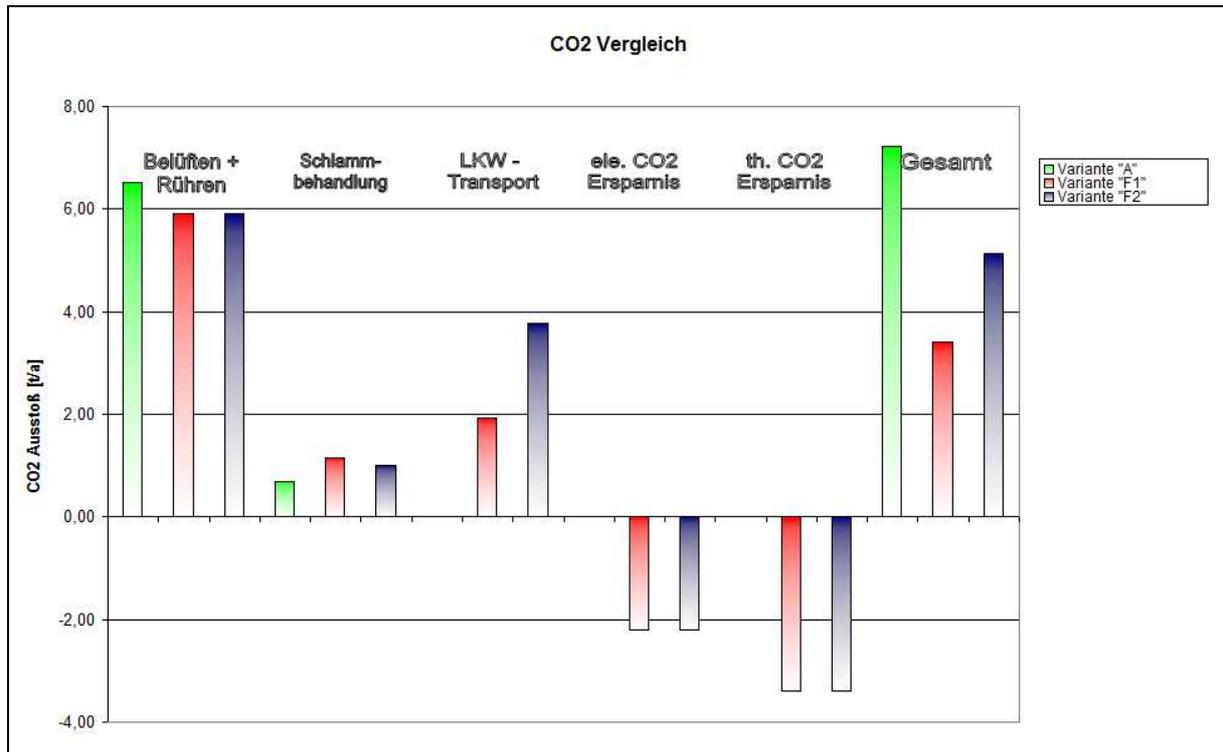


Abbildung 3:CO2 Vergleich Beispiel 1

Die Abbildung 3 stellt den CO₂ Ausstoß der einzelnen Verfahrensschritte aller Varianten dar, beginnend im Belebungsbecken bis zur Schlammbehandlung bzw. dem Transport. Die Verstromung des Faulgases im BHKW führt zu einer signifikanten CO₂ Ersparnis innerhalb der Systemgrenzen.

4.2 Beispiel 2

Im zweiten Beispiel wird eine Kläranlage mit 4.000 EW Bemessungsbelastung betrachtet. Die durchschnittliche CSB Belastung beträgt 3.100 EW. Derzeit wird der Schlamm der Kläranlage voll stabilisiert und anschließend entsorgt. Zukünftig soll das Schlammalter auf 15 Tage reduziert und der Schlamm auf eine nahegelegene Kläranlage zur Faulung transportiert werden. Die Kläranlage mit 150.000 EGW ist 25 km von der kleinen Kläranlage entfernt. Zusätzlich zum ersten Anwendungsbeispiel entspricht diese Kläranlage jedoch nicht mehr dem Stand der Technik. Die Kläranlage muss vollständig saniert werden. In diesem Fall fließen die Investitionskosten der mechanischen Überschussschlamm entwässerung, der Belebungsbecken bzw. des SchlammSpeichers in die Projektkostenbarwertberechnung mit ein (Dateneingabebereich III ist auszufüllen).

4.2.1 Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)

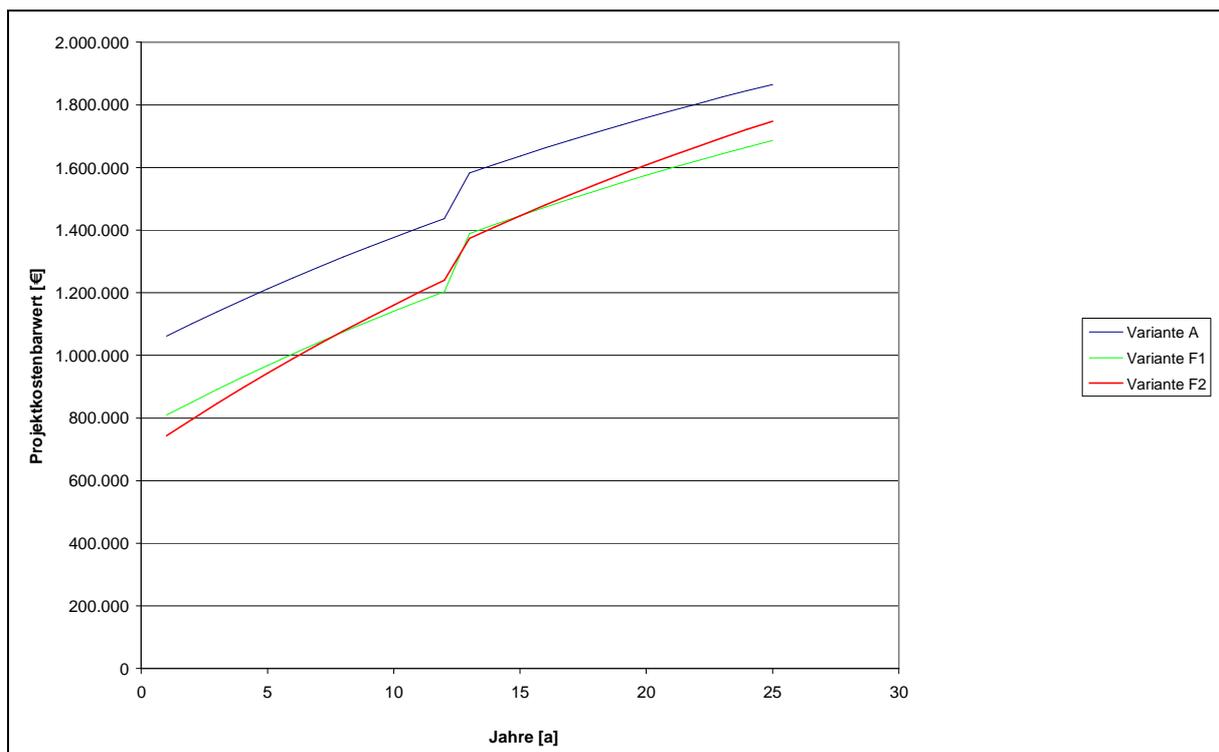


Abbildung 4: Projektkostenbarwertberechnung Beispiel 2

In Abbildung 4 sind die 3 Varianten in unterschiedlichen Farben dargestellt. Durch eine Umstellung der Betriebsweise und einer Reduzierung des Schlammalters sinken das erforderliche Beckenvolumen und somit auch die Investitionskosten. Variante „F1“ Faulung mit MÜSE und „F2“ sind deshalb günstiger. Die Variante „F2“ ist längerfristig teurer als die zusätzliche Entwässerung mit der MÜSE. Die deutlich höheren Investitionskosten der Variante A können im Betrachtungszeitraum von 25 Jahren nicht kompensiert werden.

4.2.2 CO₂ Vergleich

Die Abbildung 5 stellt den CO₂ Ausstoß der einzelnen Verfahrensschritte aller Varianten dar, beginnend im Belebungsbecken bis zur Schlammbehandlung bzw. dem Transport. Die Verstromung des Faulgases im BHKW führt zu einer signifikanten CO₂ Ersparnis innerhalb der Systemgrenzen.

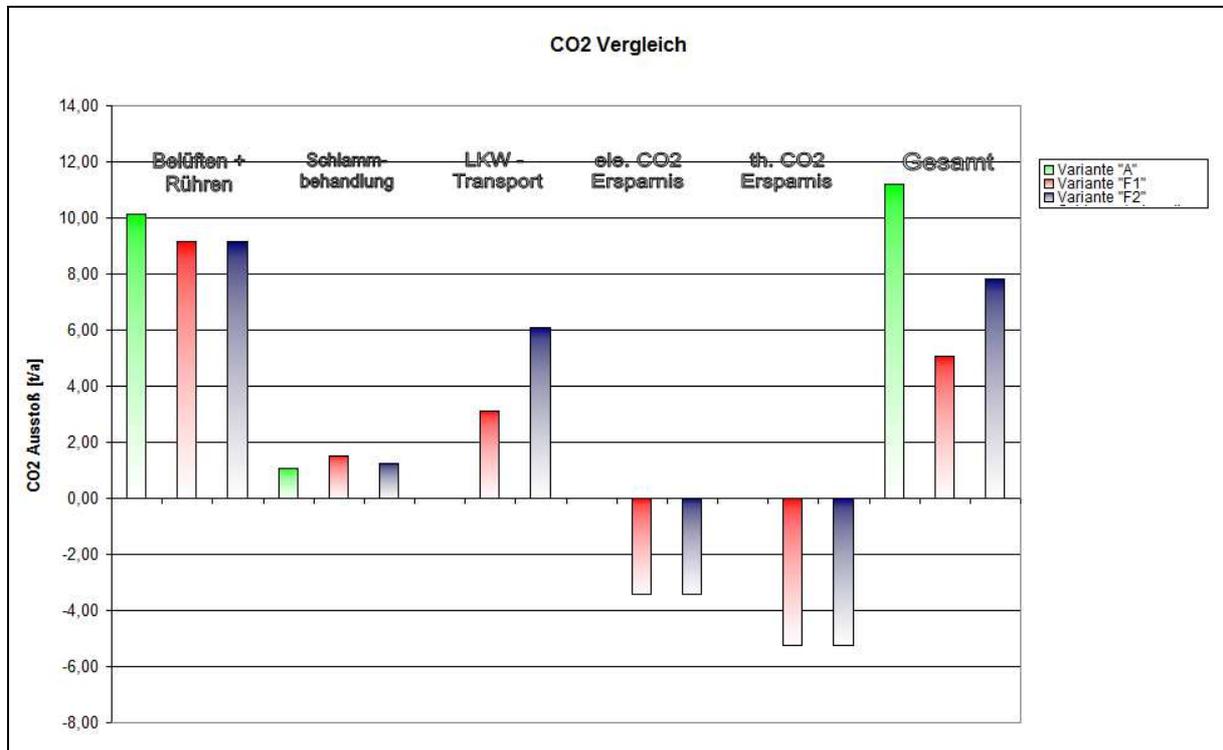


Abbildung 5:CO2 Vergleich Beispiel 2

4.3 Beispiel 3

Im dritten Beispiel wird eine Kläranlage mit 3.000 EW Bemessungsbelastung betrachtet. Die durchschnittliche CSB Belastung beträgt 2.000 EW. Bisher wurde der vollstabilisierte Schlamm mobil entwässert und anschließend kompostiert. Zukünftig soll der Schlamm auf eine nahegelegene Kläranlage mit 150.000 EW transportiert werden. Die Distanz beträgt in diesem Fall 13 km. Zusätzlich sind vor kurzem ein dritter Faulturm bzw. ein neues BHKW in Betrieb genommen worden. In diesem Fall sind auf der größeren Kläranlage ausreichend Faulraumkapazitäten für eine Fremdschlammübernahme vorhanden. Für die Umstellung auf der Kläranlage wird als Investition die mechanische Überschussschlamm entwässerung für Variante 2 berechnet. Die Becken und Belüfter sind in Ordnung.

4.3.1 Projektkostenbarwertberechnung (dynamisch)

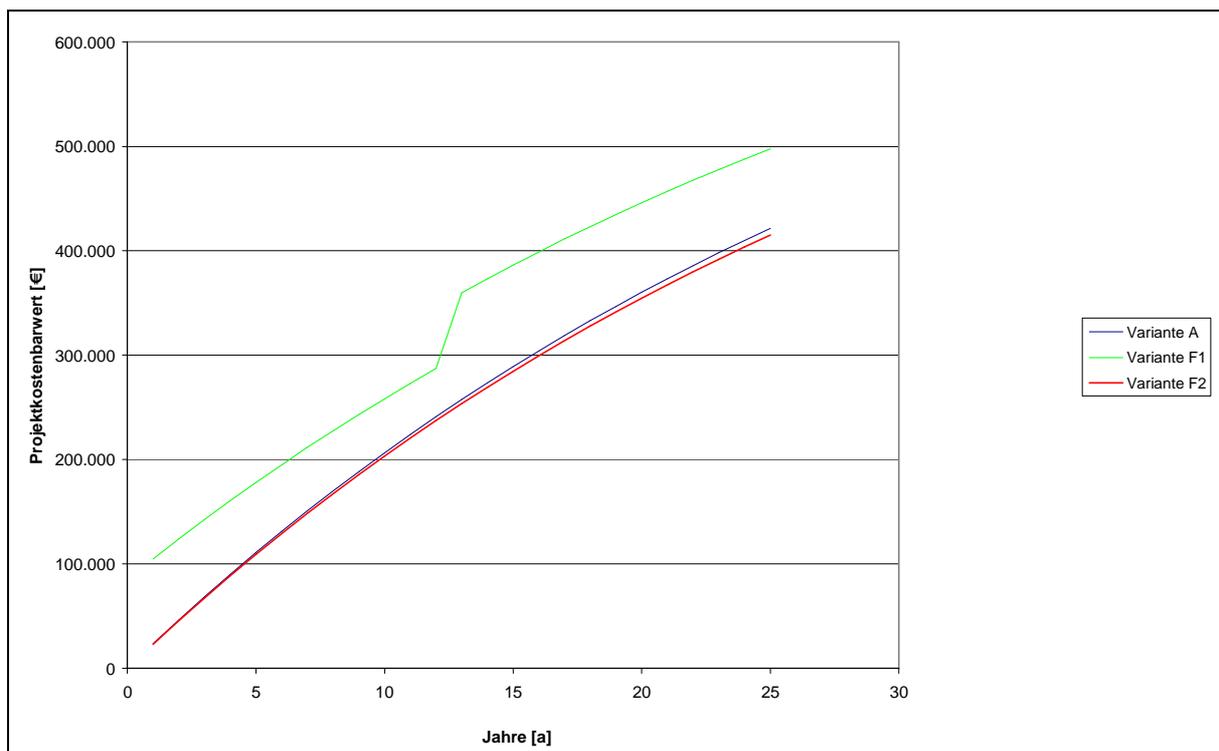


Abbildung 6: Projektkostenbarwertberechnung Beispiel 3

Die Abbildung 6 dargestellte Variante „F1“ Faulung mit MÜSE ist deutlich zu teuer für diesen Fall. Die Investitionskosten für eine mechanische Überschussschlamm entwässerung sind aufgrund der Größe der Kläranlage nicht rentabel. Die Variante „A“ die aerobe Stabilisierung ist knapp teurer als die Variante „F2“ Faulung ohne MÜSE. Eine Umstellung von aerober Stabilisierung auf Nitrifikation/Denitrifikation mit anschließendem Transport auf eine nahegelegene Kläranlage sollte näher betrachtet werden.

4.3.2 CO₂ Vergleich

Die

Abbildung 7 stellt den CO₂ Vergleich der einzelnen Verfahrensschritte aller Varianten dar, beginnend im Belebungsbecken bis zur Schlammbehandlung bzw. dem Transport. Durch die Verstromung des Faulgases kommt es in den Varianten F1 und F2 zu geringeren CO₂ Belastungen innerhalb der Systemgrenzen.

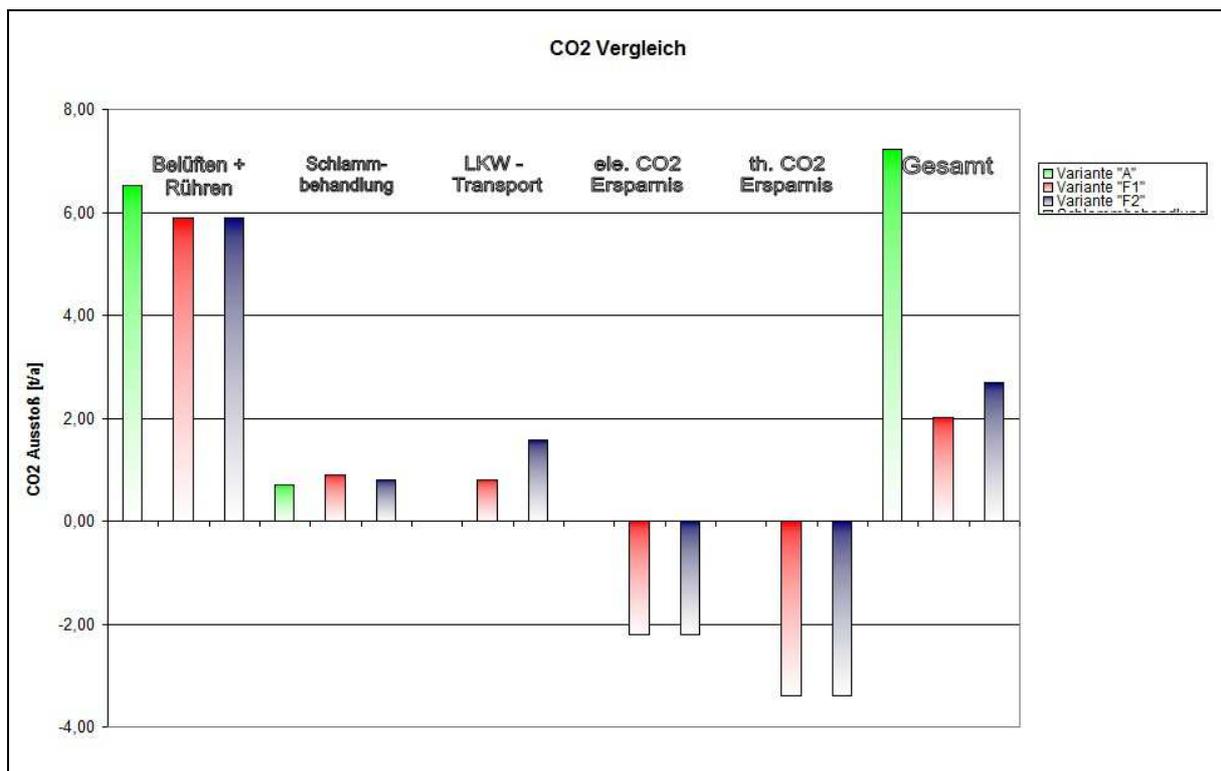


Abbildung 7: CO₂ Vergleich Beispiel 3

5. Zusammenfassung, Ergebnis und Interpretation der Beispielberechnungen

Mit dem im Rahmen dieser Studie erstellten Excel-Tool kann für kleine Kläranlagen, für die eine eigene Schlammfäulung nicht wirtschaftlich ist, überprüft werden, ob eine Kooperation mit einer großen Kläranlage mit Schlammfäulung zur Stabilisierung und Verwertung des Klärschlammes sinnvoll sein kann. Das vorliegende Programm beinhaltet einen dynamischen Projektkostenbarwertvergleich über 25 Jahre und eine überschlägige CO₂-Bilanzierung. Das Planungstool ist zur Anwendung durch den erfahrenen Planer gedacht, da sowohl die Ermittlung der erforderlichen Eingabewerte als auch die Interpretation der Ergebnisse im Zusammenhang mit anderen wichtigen Rahmenbedingungen, die neben der wirtschaftlichen und energetischen Betrachtung bedeutend sind, hohe Fachkompetenz und Erfahrung erfordern.

Aus den Beispielberechnungen und deren Variation in Bezug auf Kläranlagengröße und Transportentfernung, die im Rahmen der Studie durchgeführt wurden, kann folgende überschlägige Aussage getroffen werden:

Bei Kläranlagen die einen Bedarf zur Anpassung an den Stand der Technik oder Erweiterung haben und die übrigen Voraussetzungen für eine mögliche Kooperation mit einer großen Kläranlage mit Fäulung gegeben sind, sollte diese Möglichkeit immer in Betracht gezogen und geprüft werden. Bei Kläranlagen, die grundsätzlich keinen Investitionsbedarf haben, wird diese Überlegung nur in Ausnahmefällen, wo andere Gründe für eine Betriebsumstellung sprechen und eine große Kläranlage sehr nahe liegt, eine Rolle spielen.

Literatur:

ATV-DVWK-A 131; Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen; 2000.

Lindtner/Stefan; Leitfaden für die Erstellung eines Energiekonzeptes kommunaler Kläranlagen; Lebensministerium; 2008.

ATV-DVWK-M 363; Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogas; 2002

e-control; Stromkennzeichnungsbericht 2011;

Standardisierte Variantenuntersuchung des Landes Niederösterreich; 2005.