

Abschlussbericht

Verbundprojekt INHAND,
Integriertes Wasserwirtschaftskonzept für
Handwerksdörfer am Beispiel von Dai Lam in Vietnam,
TP4 Konzeption und Entwicklung einer Niederenergiegärrestauffbereitungsanlage

Förderkennzeichen Nr. 02 WA 1175

Zuwendungsempfänger

HERBST UMWELTECHNIK GMBH

Goerzallee 305e

14167 Berlin

Projektleiter/ Projektbearbeiter:

Dr.-Ing. L. Fechter

Tel. (030) 84 718 305

Fax (030) 84 718 399

E-mail: L.Fechter@herbstumwelt.de

Laufzeit des Vorhabens vom 01.01.2011 bis 31.12.2014

Juni 2015

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WA1175 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Inhalt

I.	Kurze Darstellung.....	6
I.1	Aufgabenstellung.....	6
I.2	Voraussetzungen, unter denen das Verfahren durchgeführt wurde.....	6
I.3	Planung und Ausführung des Vorhabens.....	8
I.3.1	Änderungen im Arbeits-, Ziel- und Kostenplan.....	9
I.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	10
I.4.1	Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens genutzt wurden.....	10
I.4.2	Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste.....	11
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	12
II.	Eingehende Darstellung.....	15
II.1	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	15
II.1.1	Erläuterung der Änderungen, die im Verlauf der Projektdurchführung auftraten	15
II.1.2	Erläuterung der Änderungen bezogen auf den ursprünglichen Arbeits-, Ziel- und Kostenplan	17
II.1.3	Erläuterung der Aufgabenstellung.....	17
II.1.3.1	Erläuterung der Gesamtanlage zur Abwasserbehandlung, Biogasgewinnung und Gärrestaufbereitung	18
II.1.3.2	Beschreibung der Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002	19
	a) Beschreibung des Prozessablaufes innerhalb der Gesamtanlage.....	21
	b) Beschreibung des Prozessablaufs innerhalb der gravimetrischen.....	23
	Filtersack-Entwässerungsanlage	23
	c) Beschreibung des Prozessablaufes innerhalb der Photovoltaik-Anlage	25
	d) Betriebsanleitungen	25
	d.1 Betriebsanleitung für die elektrische Steuerung der Niederenergiegärrest-.....	25
	Aufbereitungsanlage	25
	d.2 Betriebsanleitung zum Homogenisator	27

d.3 Betriebsanleitung zur Fe-III-Cl-Dosieranlage	28
d.3.1 Betriebsanleitung zur Herstellung einer Fe-III-Cl-Lösung.....	30
d.4 Betriebsanleitung zur Flockungshilfsmittel-Dosieranlage.....	31
d.4.1 Betriebsanleitung zur Herstellung einer polymeren Flockungshilfsmittel-Lösung	32
d.5. Betriebsanleitung zur Gärrest-Entwässerungsanlage	34
d.6 Betriebsanleitung zur Thermosolaranlage.....	35
d.7 Betriebsanleitung zur Photovoltaik-Anlage.....	37
d.8 Aufstellung der Wasser- und Biogas- sowie Gärrest-Aufbereitungsanlage in Dai Lam, Vietnam	38
e) Wartungsanleitung	40
II.1.4 Erläuterung der durchgeführten Versuche und der Versuchsergebnisse.....	41
II.1.4.1 Untersuchungen zur Ermittlung der geeigneten Flockungshilfsmittel zur Gärrestbehandlung.....	41
II.1.4.2 Weiterführende Untersuchungen zur Gärrestaufbereitung.....	45
a) Untersuchungen zur Auswahl geeigneter polymerer Flockungshilfsmittel für den Einsatz zur Schlammeindickung und Gärrestentwässerung in einer Kläranlage .	46
b) Entwässerung von Gärresten aus einer Biogasanlage in der Maissilage fermentiert wird.....	51
c) Labor- und Betriebsversuche zur Entwässerung von Gärresten aus einer Biogasanlage, in der Lebensmittel und Fette fermentiert werden	54
II.1.4.3 Beschreibung der Versuchsdurchführung und der Versuchsergebnisse	55
in Dai Lam	55
a) Schwermetall- und Nährstoffkonzentration in den Gärresten sowie im Filtratwasser	57
II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	59
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	60
II.4 Voraussichtlichen Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes.....	61
II.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	62
II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses	62

Anlage:

1. Sicherheitshinweise zur Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002
2. Sicherheitsvorschriften Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002
3. Transport und Lagerung Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002
4. Stück- bzw. AKZ-Liste zur Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage, Typ HU-V-002

Bild 1: Blockschaltbild der gesamten Pilotanlage zur Abwasserbehandlung, Biogasgewinnung und Gärrestaufbereitung

Bild 2: Verfahrensfließbild Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage

Bild 3: Aufbau der gravimetrischen Filtersackentwässerungsanlage

Bild 4: Schaltplan der Photovoltaik-Anlage

Bild 5: Aufstellung der Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage

Bild 6: CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmitteldosierung bei einer Substratzusammensetzung von 25 % Belebtschlamm und 75 % Schweinegülle

Bild 7: CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmitteldosierung bei einer Substratzusammensetzung von 50 % Belebtschlamm und 50 % Schweinegülle

Bild 8: CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmitteldosierung bei einer Substratzusammensetzung von 75 % Belebtschlamm und 25 % Schweinegülle

Bild 9: Filtratwassermenge pro Zeiteinheit bei der Entwässerung von Überschussschlamm aus einer Kläranlage

Bild 10: CST-Wert in Abhängigkeit von der Dosiermenge bei unterschiedlichen Flockungsmitteln

Bild 11: Mittlere maximale Vorlauftemperatur in der Zeit von 9:00 Uhr bis 17:00 Uhr berechnet aus den Messungen an 5 Tagen im März 2014

Bild 12: Anordnung der elektrischen Heizsonde innerhalb der gravimetrischen Filtersackeinrichtung

Bild 13: Aufbau der Erdpolder in Dai Lam (Polder 1 und 2)

Bild 14: Trocknungsverlauf innerhalb des Erdpolders

Bild 15: Trockenstoffkonzentration der Gärreste in Abhängigkeit vom Aufbereitungsschritt

Tabelle 1: Minimale und maximale Schwermetallkonzentration in den flüssigen und den aufbereiteten Gärresten in der Zeit von Mai 2013 und Juli 2014

Tabelle 2: Minimale und maximale Schwermetallkonzentration im Filtratwasser der Gärrestaufbereitungsanlage in der Zeit von Mai 2013 und Juli 2014

Tabelle 3: Minimale und maximale Nährstoffkonzentration in den flüssigen und den aufbereiteten Gärresten in der Zeit von Mai 2013 und Juli 2014

Tabelle 4: Mittlere Zusammenstellung der Nährstoffe innerhalb der flüssigen und der aufbereiteten Gärresten sowie dem Filtratwasser

Tabelle 5: Mittlere Zusammenstellung der Nährstoffzusammensetzung bei den flüssigen und der aufbereiteten Gärresten sowie dem Filtratwasser in der Zeit von Mai 2013 bis Juli 2014

I. Kurze Darstellung

I.1 Aufgabenstellung

Innerhalb des Verbundprojektes hatte die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH die Aufgabe, eine Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage zu konzipieren bzw. zu entwickeln, mit der sich die flüssigen Gärreste, die bei der Fermentation von Belebtschlamm und anderen organischen Abfallstoffen anfallen, energiesparend aufbereiten lassen.

Dabei sollten die flüssigen Gärreste zuerst entwässert und anschließend getrocknet werden, so dass sie sich nach diesen Aufbereitungsschritten als Bodenverbesserer nutzen lassen.

Damit bei diesem Aufbereitungsverfahren keine fossilen Energieträger verbraucht werden mussten, wurde sowohl die erforderliche thermische Energie als auch die elektrische Energie ausschließlich mit Hilfe einer Sonnenkollektor- bzw. mit einer Photovoltaikanlage gewonnen.

Die Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage wurde in Dai Lam, Vietnam installiert. Die Anlage war der Wasserreinigungs- und Fermentationsanlage der Firma VIS International GmbH nachgeschaltet.

Mit der Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage wurden die flüssigen Gärreste aufbereitet, die aus der Fermentationsanlage der Firma VIS International GmbH ausgeschleust wurden.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Verfahren durchgeführt wurde

Seit mehr als 28 Jahren ist die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH auf dem Gebiet der Sediment- und Schlammaufbereitung tätig. Während dieser Zeit wurden Schlammförder- und Schlammentwässerungsverfahren entwickelt, die platzsparend sind und gleichzeitig eine hohe Leistungsdichte aufweisen.

Mit der Zunahme der Umweltauflagen, konnte seit den achtziger Jahren das mit Trübstoffen und Phosphaten belastete Filtratwasser, welches im Zuge der Sedimententwässerung anfällt, nicht mehr ohne Reinigung in die Umwelt abgeschlagen werden.

Aufgrund dieses Sachverhaltes wurden von der Firma Herbst Umwelttechnik GmbH leistungsfähige Reinigungsanlagen entwickelt, mit denen sich vor Ort die belasteten Filtratwässer soweit aufbereiten lassen, dass diese nach der Reinigung den Anforderungen der Direkteinleiterverordnung entsprechen.

Bei der mechanischen Sedimententwässerung müssen grundsätzlich organische Flockungsmittel eingesetzt werden, damit sich diese Sedimente entwässern lassen.

Abhängig von der Herkunft und der Zusammensetzung der Sedimente werden unterschiedliche organische Flockungsmittel eingesetzt. Im Wesentlichen zählen hierzu:

- anionische Flockungsmittel
- kationische Flockungsmittel und in seltenen Fällen auch
- nichtionische Flockungsmittel
- sowie duale Flockungsverfahren, bei denen anionische und kationische Flockungsmittel zum Einsatz kommen.

Da bei einer mechanischen Entwässerungsanlage häufig der Einsatz von organischen Flockungsmittel bis zu 50 % der Gesamtbetriebskosten ausmachen, ist es aus ökonomischen Gründen zwingend erforderlich, vor einer Auswahl der Entwässerungstechnik das geeignete Flockungsmittel auszuwählen. Die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH hat hierzu ein Schnelltestverfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, in weniger als 5 Minuten die Eignung und die erforderliche Flockungsmittelmenge festzustellen.

Dieses Schnelltestverfahren machte es möglich, in kurzer Zeit das jeweils geeignete organische Flockungsmittel unter hunderten verschiedenen Polymeren-Flockungsmitteln auszuwählen.

Aus ökologischen Gründen ist es wiederum erforderlich, dass mit dem Filtratwasser keine überschüssigen organischen Flockungsmittel ausgetragen werden. Dabei ist besonders zu beachten, dass sich organische Flockungsmittel nur schwer in der Natur biologisch abbauen lassen und dass sie Z.B. die Kiemen der Fische verkleben können.

Aus den genannten Gründen ist es sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen erforderlich, nur möglichst geringe Mengen an organischen Flockungsmitteln im Verlauf des Entwässerungsprozess einzusetzen.

Erfahrungsgemäß schwankt bei dem gewählten Fermentationsprozess bzw. Substrateinsatz die Trockenstoffkonzentration bezüglich der ausgeschleusten Gärreste sehr stark, was wiederum den optimalen Flockungsprozess erschwert.

Dabei können Flockmittelüber- bzw. Flockungsmittelunterdosierungen auftreten, die den Entwässerungsprozess beeinträchtigen und bei unsachgemäßer Handhabung die Umwelt belasten.

Durch den Einsatz eines Homogenisatoren konnten diese Förderschwankungen, bezogen auf die TS-Konzentration der flüssigen Gärreste, ausgeglichen werden. Hierdurch war es möglich, die erforderlichen Flockungsmittelmengen im optimalen Verhältnis zu den TS-Werten der flüssigen Gärreste zu dosieren.

Als Anlagenbauer verfügt die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH über Erfahrung im Bereich der Steuerung und Regelung von verfahrenstechnischen Prozessen und den Bau von elektronischen Steuerungsanlagen.

Auf der Grundlage der beschriebenen Erfahrungen und des entsprechenden Know-Hows im Bereich des Anlagenbaues und auf dem Gebiet der Steuerungs- und Regelungstechnik war es möglich, die anstehenden Aufgaben zu lösen.

I.3 Planung und Ausführung des Vorhabens

Die Planung des Vorhabens erfolgte anhand eines Gesamtzeitbalkenplanes, in dem die jeweiligen Projektpartner eingebunden waren. Abhängig von den einzelnen Arbeitsstufen fanden Statusbesprechungen zur Ergebnispräsentation und zur Abstimmung der nächsten Arbeitsschritte innerhalb des Projektpartnerkreises statt.

Zwischen den Statusbesprechungen trafen sich mehrfach die einzelnen Projektpartner untereinander, um Detailfragen zu lösen bzw. operative, inhaltliche und organisatorische Zielstellungen anzupassen.

Telefonkonferenzen wurden geführt, um dringende Entscheidungen zum Arbeitsablauf des Vorhabens abzustimmen.

Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die richtungsweisenden Besprechungstermine und Workshops, die in Dai Lam, Vietnam stattfanden.

Die Besprechungen und Workshops in Vietnam fanden an folgenden Terminen statt:

<u>Zeitraum</u>	<u>Arbeitspaket</u>
vom 20.03 – 25.03.2011	Kick-off Meeting in Hanoi Besichtigung der Gegebenheiten in Dai Lam sowie Festlegung der Aufgaben der Vorort-Partner unter Beachtung des vorgegebenen Terminplanes.
am 12.11. und 13.11.201	Durchführung eines Workshops in dem die Pilotanlage in Form von Vorträgen und Exkursionen präsentiert wurde.
vom 11.11. – 21.11.2014	Durchführung eines Workshops der VIS und WSSC sowie Herbst Umwelttechnik GmbH. Erläuterung und Durchführung von experimentellen Versuchen zur Gärrestaufbereitung sowie Festlegung des Arbeitsplanes bezüglich des Anlagenrückbaues und Anlagenweiterverwertung.

I.3.1 Änderungen im Arbeits-, Ziel- und Kostenplan

Im Zuge des Projektverlaufes traten gegenüber der ursprünglichen Planung Änderungen im Bereich des Arbeits- und Kostenplanes auf.

Begründen lassen sich diese Änderungen hauptsächlich damit, dass folgende Verzögerungen auftraten:

- Verspätete Bereitstellung von belastbaren Daten bezüglich der Stoffströme und Stoffstromzusammensetzung in Dai Lam.
- Verzögerungen beim Bau der Pilotanlage der Firma VIS International GmbH, die sich auf die schleppende Lieferung von Schlüsselaggregaten zurückführen ließen.
- Verzögerungen bei der Zollabfertigung und Anlagenimport nach Vietnam.
- Verspätete Installation des elektrischen Stromanschlusses in Dai Lam von Seiten des vietnamesischen Stromanbieters.

- Störungen im Fermentationsreaktor und der Abwasserbehandlungsanlage der Firma VIS International GmbH. Diese Störungen ließen sich vornehmlich auf Ausfälle in der elektrischen Stromversorgung sowie auf große Schwankungen im Abwasseranfall und in der Abwasserzusammensetzung zurückführen.

Auf Grund der häufigen Anlagenausfälle fielen Zeitweise in Dai Lam keine Gärreste an. Damit das geplante Versuchsprogramm zur Gärrestaufbereitung dennoch durchgeführt werden konnte, wurden ergänzende Versuche zur Gärrestaufbereitung in Deutschland durchgeführt.

Dabei wurden die nachstehenden Gärreste hinsichtlich der Entwässerbarkeit untersucht:

- Gärreste aus einem Fermenter, in dem Überschussschlamm und Primärschlamm als Substrat zum Einsatz kamen.
- Gärreste aus einem Fermenter, in dem Lebensmittelreste und Fette als Substrat eingesetzt wurden.
- Gärreste aus einem Fermenter, in dem Maissilage als Substrat zum Einsatz kamen.

Durch die ergänzenden Versuchsreihen, die in Deutschland durchgeführt wurden, ließ sich in der Summe die Projektverzögerung auf insgesamt 6 Monate reduzieren.

Gemäß diesem Sachverhalt wurde die Laufzeit des Projektes um 6 Monate verlängert. Für den Projektträger war die Verlängerung kostenneutral. Die angefallenen Mehrkosten wurden durch die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH zu 100 % getragen.

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

I.4.1 Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens genutzt wurden

Wie bereits erläutert, verfügt die Firma Herbst Umwelttechnik GmbH seit vielen Jahren über das Knowhow im Bereich des Anlagenbaus und der Prozessführung bezüglich der Entwässerung von Schlämmen und Sedimenten.

Des Weiteren wurden im Laufe dieser Aktivitäten Leistungsvergleiche zwischen den einzelnen Entwässerungsmaschinen wie z. B.

- Poldertrocknung
- Gewebefiltertrocknung
- Entwässerung mit Kammerfilterpresse
- Entwässerung mit Zentrifuge und
- Entwässerung mittels Bandfilterpresse durchgeführt.

Die Erfahrungen und das Wissen über die Vor- und Nachteile der einzelnen Entwässerungstechnologien und der damit verbundenen Prozessführung ließ sich bei der Auswahl der optimalen Anlagenkonfiguration, bezogen auf die Versuchsanlage, zur Gärrestaufbereitung nutzen.

In Zusammenarbeit mit der TU-Berlin konnten vor Jahren Grundrezepturen zur Filtratwasserreinigung, in Abhängigkeit von den Schadstoffen, zusammengestellt werden. Auch diese Ergebnisse konnten erfolgreich bei der Durchführung des Forschungsvorhabens genutzt werden.

I.4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Zur Lösung der Aufgaben wurden, neben den Produktinformationen, die die jeweiligen Zulieferfirmen bereitstellten, im Wesentlichen die nachstehende Fachliteratur bzw. Informationsdienstleister genutzt.

/1/ Luckert, Klaus. (2004)

Fest-Flüssig-Trennung. Vulkan-Verlag GmbH

/2/ Stieß, M. (2008)

Mechanische Verfahrenstechnik-Partikeltechnologie 1. Springer Verlag

/3/ Sigloch, H. (2006)

Technische Fluidmechanik. Springer Verlag

/4/ Heller, S. (1996)

Umweltanalytik und Ökotoxikologie. Springer Verlag

/5/ Forstner, U. (2008)

Umweltschutztechnik. Springer-Verlag

/6/ Böttle/ Boy/ Clausing. (2008)

Elektronische Mess- und Regeltechnik. Clando eBooks

/7/ Lagaly, Gerhard/ Schulz, Oliver/ Zimehl, Ralf. (1997)

Dispersionen und Emulsionen. Steinkopf, D

- /8/ M.G., Josef/ Krienke, Hartmut/ Kunz, Werner. (2002)
Physical Chemistry of Electrolyte Solutions. Springer Verlag
- /9/ Raussen, Thomas (2008)
Verfahren der Gärrestaufbereitung
Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH
- /10/ DECHEMA-Datenbank
Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie e.V.
www.dechema.de
- /11/ Döhler, H. und P. Schliebner (2006)
Verfahren und Wirtschaftlichkeit der Gärrestaufbereitung.
In: (Hrsg.): Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der
Landwirtschaft – Nutzen und Risiken, KTBL, Darmstadt
- /12/ Kluge, R. (2008)
Gärprodukte und Komposte im Vergleich – Düngewirkung und Humusbildung.
In: Witzenhausen-Institut (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung
III. stofflich – energetisch.
- /13/ Kürschner, U. (2008)
Gärrestaufbereitung – Ein innovatives Konzept in der Praxis.
In: Witzhausen-Institut (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung
III. stofflich – energetisch.
- /14/ Saß, Emanuel (2012)
Leitfaden Photovoltaik, Books on Demand
- /15/ Schröder, Wolfgang (2012)
Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen,
Frauenhoferverlag
- /16/ Laderer, H. und Späte, F. (2011)
Solaranlagen, Handbuch der thermischen Solarenergienutzung;
Ökobuchverlage, Staufen bei Freiburg

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben dem vom Projektträger regelmäßig organisierten Informations- und Datenaustausch zu anderen Forschungsgruppen haben wir vorzugsweise mit den nachstehenden Teilnehmern im Verbundprojekt zusammengearbeitet:

a) Verbundpartner in Deutschland

- Technische Universität Dresden
Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten
Pratzschwister Str. 15
01796 Pirna
Ansprechpartner Frau Celia Hahn
- VIS International GmbH
Goerzallee 305 e
14167 Berlin
Ansprechpartner Herr Dr. Holger Appel
- Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Siedlungswirtschaft und Abfalltechnik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Ansprechpartner Herr Dr. Dirk Weichgrober
Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. Sebastian Meier
- HeGo Biotec GmbH
Goerzallee 305 b
14167 Berlin
Ansprechpartner Herr Dr. Andreas Otto
- GSan-Ökologische Gewässersanierung GmbH
Goerzallee 305 a
14167 Berlin
Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. Dirk Seidel
- Ingenieurbüro Dr. Frank Panning
Virchowstr. 12
15366 Hoppegarten
Ansprechpartner Herr Dr. Frank Panning

b) Kooperationspartner in Thailand:

- Eastern Thai Consulting 1992 Co. Ltd.
Saha Group Industrial Park
683 b Moo 11 Sukhabibarn 8 Rd.
Nongharum, Sriracha
Thailand

- Décor Metall Co. Ltd.
257 Bangpa – In Industrial Estate
Moo2 Klongjig3
Banpa-in Ayudhaya 13160
Thailand

c) Kooperationspartner in Vietnam:

- Mr. Tayen und Mr. Mi Linh
Dorfvorsteher in Dai Lam

- Mr. Bac Ninh und Mr. Thai
Water Supply und Sewerage Ltd., Company (WSSC)
57 Ngo Gia TU Street
Bac Ninh City

- Collage of Urban Works Construction (CUWC)
in Dai Lam

- Hanoi University of Science (HUS)
Chemische Fakultät (CF)
Ansprechpartner Prof. Dr. Luu Van Boi
Schildkrötenexperte
Ansprechpartner Prof. Dr. Ha Dinh Duc, Leiter des Projektes in Hanoi

- Vietnam Water Sanitation and Environment JSC (VIWASE)
in Hanoi, Vietnam

- Firma Vitracom International Logistic
International Trade Building
43rd Floor, Dao Duy Anh Street
Hanoi, Vietnam

- Firma Lilama Hanoi Joint Stock Company
52 Linh Nam-Hoang Mai
Dien Thoai (84-4)
Hanoi, Vietnam

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

II.1.1 Erläuterung der Änderungen, die im Verlauf der Projektdurchführung auftraten

Die Versuchsanlagen zur Abwasserbehandlung und Schlammfermentation der Firma VIS International GmbH sowie die zur Gärrestaufbereitung wurden im September 2012 in Dai Lam aufgebaut und zum Teil in Betrieb genommen.

Der ursprüngliche Zeitplan sah vor, dass im Juli 2012 die ersten Versuche zur Gärrestaufbereitung stattfinden sollten. Verspätungen bei der Datenerhebung zur Anlagenauslegung sowie Verspätungen bei der Lieferung von Anlagenteile der Wasserreinigungsanlage, Schwierigkeiten bei der Zollabwicklung und Probleme bei der Installation des elektrischen Stromanschlusses durch den lokalen Energieversorger bewirkten, dass die Firma VIS International GmbH ihre Pilotanlage mit dem nachgeschalteten Fermenter erst Ende November 2012 in Betrieb nehmen konnte.

Auf Grund von Anlagenstörungen innerhalb der Pilotanlage der Firma VIS International GmbH, die sich unter anderem auf elektrische Stromausfälle und auf starke Schwankungen in der Abwassermenge und Abwasserzusammensetzung zurückführen ließen, konnten erst im Mai 2013 in Dai Lam erste Versuche zur Gärrestaufbereitung durchgeführt werden.

Im Mai 2013 mussten nach 5 Tagen Versuchsbetrieb zur Gärrestaufbereitung die Arbeiten abgebrochen werden, da die zwischengepufferte Gärrestmenge verbraucht war und weitere Gärreste auf Grund einer Anlagenstörung innerhalb der Wasseraufbereitungsanlage nicht mehr anfielen.

Wie der kurze Versuchsbetrieb zeigte, reichte die installierte thermische Leistung nicht aus, die entwässerten Gärreste in einer angemessenen Zeit zu trocknen. Gemäß diesem Sachverhalt wurde von der Firma Herbst Umwelttechnik GmbH ein zweiter Sonnenkollektor nachgerüstet.

Des Weiteren wurde eine zusätzliche Heizeinrichtung installiert, welche direkt in eine der zwei vorhandenen Entwässerungseinrichtungen eingebaut wurde.

Auf Grund weiterer Störungen innerhalb der installierten Wasseraufbereitungs- und Fermentationsanlage, die sich bis Ende 2013 hinzogen, wurden in Deutschland ergänzende Labor- und Feldversuche zur Gärrestaufbereitung durchgeführt.

Unterstützt wurde diese Arbeit durch ein neugeschriebenes EDV-Programm, mit dem sich die Stoff- und Energieströme innerhalb von unterschiedlichen Biogasanlagen berechnen lassen. Mit Hilfe der berechneten Daten ist es jetzt möglich, Gärrestaufbereitungsanlagen passend zur jeder Biogasanlage auszulegen.

Auf der Grundlage der Versuchsergebnisse, die in Deutschland bezüglich neuer Rezepturen zur Gärrestaufbereitung ermittelt wurden, konnten zum Teil die in Dai Lam eingetretenen Verzögerungen ausgeglichen werden.

Trotz dieser ergänzenden Arbeiten konnte der ursprüngliche Zeitplan nicht eingehalten werden. Insgesamt trat eine Projektverzögerung von 6 Monaten ein, so dass das Projekt nicht am 30.06.2014 sondern erst am 31.12.2014 beendet werden konnte. Für den Projektträger erfolgte diese Laufzeitverlängerung kostenneutral.

II.1.2 Erläuterung der Änderungen bezogen auf den ursprünglichen Arbeits-, Ziel- und Kostenplan

Gegenüber der ursprünglichen Planung hat sich der Arbeits- und Zeitplan erheblich verändert.

Begründen lassen sich diese Verzögerungen damit, dass belastbare Daten bezüglich der zu erwartenden Abwassermenge und Abwasserzusammensetzung sowie der anfallenden Bioabfälle, erst im April 2012 und nicht wie geplant im Dezember 2011 bereitgestellt werden konnten.

Des Weiteren traten Verzögerungen beim Bau der Wasserreinigungsanlage und durch die langwierige Zollabfertigung sowie durch die verspätete Installation des elektrischen Stromanschlusses auf.

Durch Störungen an der installierten Wasser- und Fermentationsanlage in Dai Lam, die sich unter anderem auf die genannten elektrischen Stromausfälle und den großen Schwankungen in der Abwassermenge und Abwasserzusammensetzung zurückführen ließen, musste das in Vietnam geplante Versuchsprogramm hinsichtlich der Termine ständig geändert werden.

Durch zusätzliche Labor- und Feldversuche, die in Deutschland durchgeführt wurden, konnte die Datenlage zur Gärrestaufbereitung soweit ergänzt werden, dass sich zum Teil die Projektverzögerung ausgleichen ließ. Trotz dieser zusätzlichen Arbeiten trat eine für den Projektträger kostenneutrale Projektverzögerung von 6 Monaten ein.

II.1.3 Erläuterung der Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war es, für Handwerksdörfer eine verfahrenstechnische Anlage zu entwickeln, mit der sich ein Teilstrom des dort anfallenden Abwassers und der anfallenden organischen Abfälle behandeln bzw. verwerten lassen. Die dabei entstehenden flüssigen Gärreste sollten soweit aufbereitet werden, dass sie sich nach dem Entwässerungs- und Trocknungsprozess als Bodenverbesserer verwenden lassen.

Insgesamt war das F & E-Vorhaben in drei Arbeitsbereiche untergliedert:

- Datenerhebung und Datenauswertung bezüglich der Abfallströme in Dai Lam sowie Ermittlung der Inhaltsstoffe in den einzelnen Abfallströmen. Diese Arbeiten wurden von der TU Dresden und der Gottfried W. Leibniz Universität Hannover durchgeführt.
- Konstruktion, Bau, Lieferung und Betrieb einer Pilotanlage zur Abwasserbehandlung mit nachgeschaltetem Fermenterreaktor, in dem sich der anfallende Belebtschlamm und organische Abfallstoffe in Biogas umwandeln lassen.
Ein weiteres Ziel war die Ausarbeitung eines Betreibermodells zur Abwasserbehandlung und zur Biogasgewinnung sowie eine Personalqualifizierung. Diese Arbeiten wurden von der Firma VIS International GmbH durchgeführt.
- Konstruktion, Bau, Lieferung und Betrieb einer Pilotanlage zur Gärrestbehandlung sowie Qualifizierung von vietnamesischen Fachkräften bezüglich des Gebrauchs dieser Aufbereitungstechnik. Diese Arbeiten wurden von der Firma Herbst Umwelttechnik GmbH durchgeführt.

II.1.3.1 Erläuterung der Gesamtanlage zur Abwasserbehandlung, Biogasgewinnung und Gärrestaufbereitung

In Bild 1 ist die gesamte Versuchsanlage zur Abwasserbehandlung, Biogasgewinnung und Gärrestaufbereitung in Form eines Blockschaltbildes vereinfacht dargestellt. Wie dieses Bild zeigt, gelangt das zu behandelnde Abwasser zuerst in einen Pumpensumpf (1), aus dem mit Hilfe einer Tauchpumpe (2) das Abwasser diskontinuierlich in einen sogenannten Sequencing-Batch-Reaktor (SBR) (3) geleitet wird.

Im Normalbetrieb lassen sich beim SBR-Verfahren folgende Behandlungszyklen unterscheiden:

Füllen – Mischen und Belüften – Sedimentieren – Dekantieren

Während des Misch- und Belüftungsbetriebes wird das Abwasser biologisch gereinigt. Im Verlauf der Sedimentationsphase setzen sich die Feststoffe und der Belebtschlamm am Reaktorboden ab. Innerhalb der Dekantierphase wird das überstehende Klarwasser abgezogen. Anschließend wird eine Teilmenge der sedimentierenden Feststoffe in den Fermentationsreaktor (4) gepumpt. Hier wird ein Teil der organischen Feststoffe anaerob in Biogas umgewandelt.

Neben den sedimentierten Feststoffen aus der SBR-Anlage konnten zusätzlich externe organische Abfälle in den Fermenter eingetragen werden. Zur Beschleunigung des Fermentationsprozesses wurden diese Abfälle vor der Einleitung mit Hilfe einer Hexeleinrichtung zerkleinert.

Das produzierte Biogas wurde innerhalb einer Fackelanlage (5) verbrannt. Die produzierte Biogasmenge und Biogaszusammensetzung wurde kontinuierlich gemessen und die Messdaten u. a. mit Hilfe eines Datenfernübertragungssystem nach Deutschland übertragen.

Chargenweise wurden die flüssigen Gärreste aus dem Fermentationsreaktor abgezogen und zuerst einem Homogenisator (6) und danach der Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage (7) zugeführt. Hier wurden die flüssigen Gärreste entwässert und anschließend soweit getrocknet, dass sie eine stichfeste Konsistenz hatten.

II.1.3.2 Beschreibung der Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002

Die komplette Versuchsanlage zur Gärrestaufbereitung lässt sich in folgende Funktionsgruppen aufteilen, vgl. hierzu Bild 2:

- Homogenisator (1) mit Mischeinrichtung (1.1), Pumpe (2) zur Gärrestförderung, Füllstandskontrolle (3) sowie einer Rohrleitung zwischen der Mischeinrichtung und dem Rohrreaktor (6).
- Eisen-III-Chlorid (Fe-III-Cl)-Dosieranlage (5) mit Dosiergarnitur bestehend aus Fußventil (4.1), Schlauchleitung, Kolbenmembranpumpe (4) und Dosierarmatur (4.2) sowie einem Mischventil (4.3)

- Zwei Rohrreaktoren (6) und (10), in denen das Flockungsmittel Fe-III-Cl und das Flockungshilfsmittel auf die Gärreste einwirken.
- Dosieranlage (8) für das Flockungshilfsmittel inklusive Rührer (9). Dosiergarnitur bestehend aus einem Fußventil (7.1), einer Kolbenmembranpumpe (7) sowie einer Dosierarmatur (7.2) und einem Mischventil (7.3).
- Gärrest-Entwässerungsanlage (11) bestehend aus 2 Stück baugleichen Filterlochtrommeln (11.5) und (11.6), in denen die Filtersäcke eingehängt werden, Füllstandsüberwachung (11.7) und (11.8), zwei Rohrlüfter (11.3) und (11.4), einem Wärmetauscher (11.9) sowie einem Rohrleitungssystem zwischen dem Rohrreaktor (10) und den beiden Entwässerungstrommeln (11.5) und (11.6).
- Thermosolaranlage (12) bestehend aus einem Solarkollektor (12.1) inklusive Rohrleitung zwischen dem Solarkollektor und dem Wärmetauscher (11.9) mit einer Sicherheitsarmatur (12.10) und einem Entlüftungsventil (12.13.).
- einem Ausdehnungsgefäß (12.8), zwei Temperaturfühlern (12.7), einer Systemdrucküberwachung (12.11), einer Förderpumpe (12.3) mit Dämmerungsschalter (12.4), einer Steuereinrichtung sowie einem Volumenstrommesser (12.12).
- Photovoltaikanlage (13) bestehend aus 6 Stück baugleichen Solarpanele (13.1), einem Solarladeregler (13.2), 4 Stück baugleichen Akkumulatoren (13.3) sowie einem Wechselrichter 24 V – 230 V (13.4).
- Sondereinrichtung, zu der eine Beleuchtungsanlage (14), ein elektrischer Steuerschrank (15) und ein Materialcontainer (16) zählen. Innerhalb des Materialcontainers ist die Dosiertechnik mit den Rohrreaktoren, die Photovoltaikanlage, mit Ausnahme der Solarpanele, die Beleuchtungsanlage sowie der elektrische Schaltschrank installiert.

a) Beschreibung des Prozessablaufes innerhalb der Gesamtanlage

Die Gesamtanlage ist derart konzipiert, dass ausschließlich Sonnenstrahlen als Energiequelle genutzt werden. Fossile Energieträger oder extern erzeugter elektrischer Strom sind für den Anlagenbetrieb nicht erforderlich.

Durch die Photovoltaik-Anlage werden die Sonnenstrahlen in elektrische Energie umgewandelt. Mit Hilfe von vier Gel-Blei-Akkumulatoren lässt sich so viel elektrischer Strom zwischenspeichern, dass die Versuchsanlage auch während der Nachtstunden betrieben werden kann.

Die für die Gärresttrocknung erforderliche thermische Energie wird ebenfalls mit Hilfe von Sonnenstrahlen gewonnen. Hierzu wird innerhalb eines Sonnenkollektors das Rücklaufwasser von der Gärrestentwässerungsanlage aufgeheizt.

Der Verfahrensprozess zur Gärrestaufbereitung erfolgt innerhalb der Versuchsanlage halbautomatisch, vgl. hierzu Bild 2.

Im ersten Verfahrensschritt gelangen die Gärreste aus der Biogasanlage in einen Homogenisator (1). Abhängig vom gewählten Versuchsbetrieb kann in den Homogenisator auch z. B. aufbereitetes Abwasser eingeleitet werden. Hierdurch ist es möglich, dass die Trockenstoffkonzentration (TS-Wert) der Gärreste verändert werden kann.

Die Option der Gärrestverdünnung ist erforderlich, da sich Gärreste mit TS-Werten von größer TS > 5 % nur unzureichend entwässern lassen. Mit Hilfe eines Rührers (1.1) lässt sich das Gärrest-Wasser-Gemisch intensiv vermischen bzw. homogenisieren.

Mittels einer Zweipunkt-Drucksonde wird der Füllstand innerhalb des Homogenisators überwacht. Mit Hilfe einer Impellerpumpe (2) werden die Gärreste aus dem Homogenisator bis zur Gärrest-Entwässerungsanlage (11) gefördert.

Mit Hilfe der zwei Dosieranlagen (5) und (8) werden die Gärreste vor dem Entwässerungsprozess konditioniert. Die Dosieranlage (5) ist für die Förderung eines primären Flockungsmittels, z. B. einer Eisen-III-Chlorid (Fe-III-Cl)-Lösung, ausgelegt.

Durch die Dosierpumpe (4) lässt sich das Flockungsmittel über die Dosierarmatur in den Gärrestvolumenstrom injizieren. Mit Hilfe des Mischventils (4.3) lässt sich der Gärrestvolumenstrom intensiv mit dem injizierten Flockungsmittel vermischen. Innerhalb des nachgeschalteten Rohrreaktors (6) verläuft der gewünschte Konditionierungsprozess. Durch die positiv geladenen Eisenionen erhalten im Rohrreaktor die strukturlosen Gärrestpartikel eine elektrische Ladung.

Die Dosieranlage für die Fe-III-Cl-Lösung wurde optional geplant. Im Verlauf der Versuchsdurchführung kam dieses Anlagenmodell nicht zum Einsatz.

Im folgenden Verfahrensschritt wird dem vorkonditionierten Gärrestvolumenstrom ein anionisches Flockungshilfsmittel zudosiert. Hierbei wird mit Hilfe der Kolbenmembranpumpe (7) eine Flockungshilfsmittel-Lösung aus dem Vorlagebehälter (8) bis in die Dosierarmatur (7.2) gefördert. Innerhalb des Mischventils (7.3) wird der Gärrestvolumenstrom mit der Flockungshilfsmittel-Lösung intensiv vermischt. Innerhalb des Rohrreaktors (10) bewirken die negativ geladenen Flockungshilfsmittel-Moleküle, dass sich diese mit den positiv geladenen Gärrestpartikeln zusammenschließen und dabei großvolumige Flocken ausbilden.

Diese Flocken-Wasser-Suspension lässt sich innerhalb der Funktionsgruppe (11) entwässern und trocknen.

Abhängig von der Stellung der Absperrventile (11.1) bzw. (11.2) gelangen die konditionierten Gärreste entweder in die Sackentwässerungstrommel (11.5) oder (11.6.).

Innerhalb des Filtersacks bildet sich ein Filterkuchen aus. Dabei gelangt das abgeschiedene Porenwasser durch das Filtergewebe des Filtersacks in den Außenbereich der Locktrommel und von dort in die Bodenwanne der Entwässerungsanlage. Im freien Gefälle fließt das Filtratwasser über eine Rohrleitung zum Rohwasserpumpensumpf der Wasseraufbereitungsanlage der Firma VIS International GmbH.

Neben dem beschriebenen Entwässerungsprozess findet gleichzeitig ein Trocknungsprozess statt. Hierzu wird innerhalb der Thermosolaranlage (12) das Kreislaufwasser zwischen dem Sonnenkollektor (12.1) und dem Wärmeaustauscher (11.9) durch die Sonnenstrahlen erhitzt. Mittels der beiden Rohrlüfter (11.3) und (11.4) wird atmosphärische Luft in die Gärrestentwässerungsanlage (11) gesaugt und durch den Wärmeaustauscher erwärmt.

Abhängig von der Temperatur und der Feuchte der angesaugten Außenluft wird diese, durch den beschriebenen Energieeintrag, um mindestens 10 °C erwärmt, wodurch die relative Feuchte um mindestens 36 % abnimmt. Die erwärmte und relativ trockene Luft bewirkt, dass der Gärrestfilterkuchen getrocknet werden kann.

b) Beschreibung des Prozessablaufs innerhalb der gravimetrischen Filtersack-Entwässerungsanlage

Im Bild 3 sind der Aufbau und die Funktionsweise der Filtersack-Entwässerungsanlage dargestellt.

Die zwei baugleichen Lochtrommeln mit den eingehängten Filtersäcken sind in einer kompakten Container-Anlage installiert. Die mit Flockungsmittel und Flockungshilfsmittel konditionierten Gärreste gelangen über die Rohrleitung in die Filtersäcke. Abhängig von der Ventilstellung wird entweder der rechte oder der linke Filtersack beschickt. Jede Filtertrommel ist mit einer Füllstandsonde ausgestattet. Spricht die Füllstandsonde an, werden keine weiteren Gärreste mehr in den Filtersack gepumpt. Durch Änderung der Ventilstellung lassen sich wechselseitig die Filtersäcke mit Gärreste beschicken.

Das Filtratwasser fließt bzw. diffundiert durch das Gewebe des Filtersacks in den Außenbereich der Lochtrommel und von dort in die Bodenwanne der Entwässerungsanlage. Die Bodenwanne hat insgesamt zwei Auslaufstutzen über die wahlweise das Filtratwasser auf der rechten bzw. linken Anlagenseite abgeleitet werden kann.

Das austretende Filtratwasser gelangt über eine Rohrleitung im freien Gefälle in den Pumpensumpf, in dem das aufzubereitende Rohwasser eingeleitet wird.

Auf Grund der hohen relativen Luftfeuchtigkeit (φ), die in Hanoi fast ganzjährlich Werte über $\varphi > 80 \%$ erreicht, verlaufen Trocknungsprozesse nur sehr langsam. Zur Verbesserung des Trocknungsprozesses wird Außenluft in die Entwässerungsanlage eingesaugt und durch den Wärmeaustauscher erwärmt. Durch diese Erwärmung lässt sich die relative Luftfeuchtigkeit gegenüber der Außenluft senken. Wodurch das Konzentrationsgefälle zwischen dem feuchten Filterkuchen mit einem $\varphi \leq 100 \%$ und der erwärmten Außenluft mit einem $\varphi \leq 50 \%$ ansteigt.

Mit Hilfe des Wärmeaustauschers, der über ein Rohrleitungssystem hydraulisch mit dem Solarkollektor verbunden ist, lässt sich die angesaugte Außenluft erwärmen. Durch die beiden Rohrlüfter (8a) und (8b) wird Außenluft über die Lufteintrittsöffnung (9) angesaugt. Durch das Strömungsleitblech (10) ist die Strömungsführung der angesaugten Außenluft derart vorgegeben, dass der größte Teil des Luftvolumenstroms zwischen den beiden Wärmeaustauschplatten entlangströmen muss. Hier erwärmt sich die Luft um ca. $10 \text{ }^\circ\text{C}$, wodurch die relative Luftfeuchtigkeit von z. B. $\varphi = 80 \%$ auf $\varphi \leq 50 \%$ abnimmt. Im unteren vorderen Bereich der Seitenwände wird mit Hilfe der Rohrlüfter (8a) und (8b) die mit Wasser angereicherte Luft wieder ausgeblasen. Unter der Voraussetzung, dass der angesaugte und erwärmte Luftvolumenstrom innerhalb der Entwässerungsanlage so viel Wasser aufnimmt, dass die relative Luftfeuchtigkeit wieder bei $\varphi = 80 \%$ liegt, kann theoretisch jeder Kubikmeter trockene Luft mehr als 20 g Wasser aufnehmen.

Stündlich wird durch die beiden Rohrlüfter 500 m^3 Luft angesaugt und wasserangereichert ausgeblasen. Die theoretische Trocknungsleistung liegt bei dieser Anlage bei ca. 10 Liter Wasser pro Stunde.

Im Falle, dass die Gewebeporen des Filtersacks mit Gärrestflocken verstopft sind bzw. der Filtersack mit Filterkuchen gefüllt ist, muss dieser durch einen neuen oder durch einen recycelten Filtersack ausgewechselt werden.

Hierzu lassen sich die beiden Fronttüren und die Abdeckhaube öffnen. Durch einen Spannverschluss wird der Filtersack von der Lochtrommel gelöst und durch Abklappen der vorderen Lochtrommelhalbschale herausgenommen.

c) Beschreibung des Prozessablaufes innerhalb der Photovoltaik-Anlage

In Bild 4 ist der Schaltplan der eingesetzten Photovoltaik-Anlage dargestellt. Insgesamt verfügt die Anlage über 6 Stück Solarpaneele (1), wobei jeweils zwei Solarpaneele in Reihe geschaltet sind. Durch die Reihenschaltung kann eine Stromspannung von 12 V erzeugt werden. Die drei Solarpanel - Paare sind parallel geschaltet und mit dem Solarladeregler (2) verbunden. Mit Hilfe des Gleichstroms, der durch die Solarpaneele erzeugt wird, lassen sich die Akkumulatoren (3) in Verbindung mit dem Solarladeregler aufladen. Innerhalb der Akkumulatoren wird während des Ladevorgangs der elektrische Strom in chemische Energie gewandelt. Wird ein Verbraucher angeschlossen, lässt sich die chemisch gespeicherte Energie wieder in elektrischen Strom zurückwandeln.

Insgesamt kommen in der Photovoltaik-Anlage 4 Stück Gel-Blei-Akkumulatoren zum Einsatz, wobei jeweils zwei Akkumulatoren in Reihe und die beiden in Reihe geschalteten Akkumulatoren parallel geschaltet sind. Hierdurch ergibt sich eine Gleichstromspannung von 24 V.

Mit Hilfe des Wechselrichters (4) wird der Gleichstrom mit einer elektrischen Spannung von 24 V in einen Wechselstrom mit einer elektrischen Spannung von 230 V mit 50 Hz umgewandelt.

Die Photovoltaik-Anlage ist derart ausgelegt, dass die erzeugte und gespeicherte elektrische Energie ausreicht, die Gärrest-Aufbereitungsanlage ohne externen Energiebezug Tag und Nacht zu betreiben.

d) Betriebsanleitungen

d.1 Betriebsanleitung für die elektrische Steuerung der Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage

Nachstehend ist beschrieben, wie die halbautomatische Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage elektrisch angesteuert wird, vgl. hierzu das Bild 2.

Start

Die Pumpe (2) wird per Hand eingeschaltet.

- Pumpe (2) aus, wenn Level (3) zu niedrig oder wenn Level (11.7) bzw. Level (11.8) ansprechen, je nach Position der Absperrventile (11.1) bzw. Absperrventile (11.2). In diesem Fall haben die Filtersäcke ihren maximalen Füllstand erreicht.
- Pumpe (2) an, wenn Level (3) und wenn Level (11.7) bzw. Level (11.8) aus

Pumpe (4) und (7) an, wenn Pumpe (2) an

Pumpe (4) und (7) aus, wenn Pumpe (2) aus

Rührer (1.1) an: per Handschaltung. Der Mischer darf erst in Betrieb genommen werden, wenn das Rührerblatt 10 cm mit Gärresten überdeckt ist

aus: per Handschaltung

Rührer (9) an: per Handschaltung, wenn eine neue Flockungshilfsmittel-Lösung angesetzt werden muss

aus: per Handschaltung, wenn die Flockungshilfsmittel-Lösung fertig gestellt ist

Lüfter (11.3) und Lüfter (11.4) an: wenn die Anlage betriebsbereit ist, im Normalbetrieb laufen die Lüfter 24 Stunden am Tage

aus, wenn ein Filtersack gewechselt wird oder bei Wartungsarbeiten

Warmwasserpumpe (12.3) an: wenn Dämmerungsschalter (12.4) aus (Tag)

aus: wenn Dämmerungsschalter (12.4) an (Nacht)

Beleuchtung (14) an: per Handschaltung
Beleuchtung (14) aus: per Handschaltung

Auf der Grundlage der oben beschriebenen Steuerung ist der Schaltplan des elektrischen Steuerschranks aufgebaut, vgl. Bild 5.

d.2 Betriebsanleitung zum Homogenisator

Der Homogenisator setzt sich aus den folgenden Bauteilen zusammen:

- 1 Stück IBC-Container (1) mit einem Fassungsvermögen von 1.000 Liter
- 1 Stück Rührer (1.1) mit Montageplatte
- 1 Stück Impellerpumpe (2)
- 1 Stück Niveauschalter (3)

Die Gärreste aus der Biogasanlage werden bedarfsweise in den IBC-Container gepumpt und mit Hilfe der Rührer intensiv vermischt. Mögliche Förderschwankungen hinsichtlich der Trockenstoffkonzentration können hierdurch ausgeglichen werden.

Abhängig von den Versuchsbedingungen lässt sich Frischwasser oder aufbereitetes Abwasser in den IBC-Container zur Gärrestverdünnung einleiten. Der Rührer darf erst eingeschaltet werden, wenn das Rührerblatt 10 cm mit Flüssigkeit überdeckt ist. Hierdurch ist sichergestellt, dass keine Flüssigkeitsschläge, hervorgerufen durch eine starke Trombenbildung, auf die Rührerwellen einwirken können.

Die Impellerpumpe zur Gärrestförderung muss per Hand eingeschaltet werden. Sie läuft nur an, wenn eine ausreichende Gärrestmenge im IBC-Container vorhanden ist und wenn die Füllstandsonde des Filtersackes nicht angesprochen hat.

Der Schalterpunkt für die Pumpenverriegelung lässt sich durch Veränderung der Rohrlänge der Niveausonde anpassen. Je kürzer das Eintauchrohr gewählt wird, umso später geht die Pumpe in Betrieb. Des Weiteren geht die Pumpe (2) außer Betrieb, wenn die Niveauschalter (11.7) bzw. (11.8) ansprechen.

Im Falle, dass der IBC-Container innen gereinigt werden muss, ist an das Bodenventil des IBC-Containers ein 2“ Ablaufschlauch anzuschließen und bis zum Rohrwasserpumpensumpf zu verlängern. Anschließend ist das Bodenventil zu öffnen und der Innenraum mit Wasser zu reinigen.

Wird für die Reinigung aufbereitetes Rohwasser verwendet, ist aus hygienischen Gründen eine Schutzmaske zu tragen.

Grundsätzlich sollten bei allen Reinigungsarbeiten, die mit Wasser durchgeführt werden, Gummistiefel, Schutzkleidung der Klasse 1, Handschuhe und eine Schutzmaske getragen werden.

d.3 Betriebsanleitung zur Fe-III-Cl-Dosieranlage

Zu der Fe-III-Cl-Dosieranlage zählen im Wesentlichen folgende Baugruppen, vgl. hierzu Bild 2:

- Kolbenmembranpumpe (4)
- Vorlagebehälter (5)
- Dosiergarnitur mit Fußventil (4.1)
- Dosierarmatur (4.2)
- Mischventil (4.3)
- Rohrreaktor (6)

Die Förderleistung der Kolbenmembran-Dosierpumpe lässt sich durch Veränderung des Membranhubs sowie durch die Veränderung der Pumpenfrequenz ändern. Das Bodenventil an dem Ende des Saugschlauches gewährleistet, dass der Saugschlauch nach der ersten Inbetriebnahme mit Fe-III-Cl-Lösung gefüllt bleibt. Innerhalb der Dosierarmatur ist ein federbelastetes Kugelventil intrigiert, durch welches erreicht wird, dass innerhalb der Dosierleitung zwischen der Dosierpumpe und der Dosierarmatur immer ein leichter Überdruck anliegt. Hierdurch wird verhindert, dass Gärreste in den Dosierschlauch einströmen können. Mit Hilfe des Mischventils (4.3) lässt sich die Einmischenergie verändern. Je kleiner der Querschnitt innerhalb des Mischventils gewählt wird, umso intensiver verläuft der Mischprozess zwischen den Gärresten und der Fe-III-Cl-Lösung. Bei Einregelung des Mischventils ist darauf zu achten, dass sich hierdurch der Gärrestvolumenstrom verändert.

Durch eine zu starke Querschnittsveränderung innerhalb des Mischventils steigt der Druckverlust in der Rohrleitung an,

wodurch sich der Gärrestvolumenstrom verringert. Sofern die Förderleistung der Dosierpumpe (4) nicht auf diese Veränderung angepasst wird, kann der Gärrestvolumenstrom durch die Fe-III-Cl-Lösung überflockt bzw. unterflockt werden.

Beide Zustandsänderungen führen dazu, dass die Entwässerungsleistung innerhalb der Filtersäcke abnimmt.

Die Dosieranlage ist weitgehend wartungsfrei. Reinigungsarbeiten sind nach Bedarf durchzuführen. Sollten Störungen an der Dosierpumpe auftreten, ist die Betriebsanleitung der Dosierpumpe Typ gamma G/4b des Herstellers PoMinent Dosiertechnik genauestens zu beachten, vgl. Anlage.

Vor der ersten Inbetriebnahme ist die Anlage mit Wasser zu betreiben und auf Dichtheit zu überprüfen. Erst nach erfolgreicher Inbetriebnahme darf mit der Anlage Fe-III-Cl-Lösung dosiert werden.

Sollten bei der Anlage Störungen auftreten, ist bei der Störungsbeseitigung immer Schutzkleidung zu tragen.

Hierzu zählt:

- Schutzbrille
- Handschuhe aus Naturlatex, Nitril, Viton oder Chloropren
- Schutzanzug der Klasse 1
- Gummistiefel

Achtung

Fe-III-Cl-Lösung ist stark ätzend. Daher ist die Fe-III-Cl-Lösung gesundheitsschädigend, z. B. beim Verschlucken. Jeder Kontakt mit der Haut oder den Augen ist unbedingt zu vermeiden. Sollte dennoch ein Kontakt eintreten, sofort mit klarem Wasser die Augen aus- und die Haut abspülen, anschließend einen Arzt aufsuchen, vgl. EG-Sicherheitsdatenblatt für Fe-III-Cl, Konz = 40 % wässrige Lösung

d.3.1 Betriebsanleitung zur Herstellung einer Fe-III-Cl-Lösung

Eine Fe-III-Cl-Lösung wird aus kristallinen Fe-III-Cl-Salz und Frischwasser hergestellt. Das Fe-III-Cl-Salz hat eine schwarze Farbe und einen leicht stechenden Geruch, vgl. Sicherheitsdatenblatt für Fe-III-Cl-Salz. Aus Sicherheitsgründen ist daher die Fe-III-Cl-Lösung unbedingt in gut belüfteten Räumen oder im Freien anzusetzen. Außerdem ist Schutzkleidung, wie unter 5.3 beschrieben, zu tragen.

Üblicherweise wird bei der Wasseraufbereitung oder Gärrestkonditionierung eine Fe-III-Cl-Lösung mit einer Konzentration von 40 Gew-% eingesetzt.

Bei der Herstellung einer Fe-III-Cl-Lösung mit einer Konzentration von ca. 40 Gew-% ist folgendermaßen vorzugehen:

- a) Schutzkleidung tragen
- b) auf gute Raumlüftung achten oder im Freien die Fe-III-Cl-Lösung herstellen
- c) Vorlagegefäß ausspülen und reinigen
- d) Vorlagegefäß z. B. mit 100 Liter sauberem Wasser füllen
- e) 50 kg wasserfreies Fe-III-Cl-Salz langsam unter Rühren in das Vorlagegefäß einmischen

Bei diesen Dosiermengen entsteht eine Fe-III-Cl-Lösung mit einem Fe-Gehalt von 193 g_{Fe}/l.

Sollte die Fe-III-Cl-Lösung aus Eisen-III-Chlorid-Hexahydrat ≥ 98 % hergestellt werden, muss folgende Arbeitsvorschrift und Rezeptur eingehalten werden, vgl. Sicherheitsdatenblatt der Firma Roth GmbH & Co. KG:

- a) Schutzkleidung tragen
- b) auf gute Raumlüftung achten oder im Freien die Fe-III-Cl-Lösung herstellen
- c) Vorlagegefäß ausspülen und reinigen
- d) Vorlagegefäß z. B. mit 100 Liter sauberem Wasser füllen
- e) 77,5 kg FE-III-Cl-Hexadydrat ≥ 98 % langsam unter Rühren in das Vorlagegefäß mit dem 100 Liter Wasser einmischen

Bei diesen Dosiermengen entsteht eine Fe-III-Cl-Lösung mit einem Fe-Gehalte von 160 g_{Fe}/l.

Beide Fe-III-Cl-Lösungen sind nun in dem mitgelieferten Vorlagegefäß anzusetzen und zu lagern, vgl. hierzu das EG-Sicherheitsdatenblatt für Fe-III-Cl Konz = 40 % wässrige Lösung.

Bei der Lagerung der Fe-III-Cl-Lösung ist darauf zu achten, dass das Gebinde gut geschlossen ist. Die Lösung ist vor Licht zu schützen. Der Lagerort muss gut belüftet sein.

Unter der Voraussetzung, dass die Fe-III-Cl-Lösung bei Umgebungstemperatur gelagert wird und nicht mit einer Säure, Base, Metall oder einem Oxidationsmittel in Verbindung kommt, ist die Fe-III-Cl-Lösung über Jahre stabil und für die Gärrestkonditionierung verwendbar.

d.4 Betriebsanleitung zur Flockenhilfsmittel-Dosieranlage

Die Flockenhilfsmittel-Dosieranlage besteht im Wesentlichen aus den nachstehenden Baugruppen, vgl. Bild 1:

- Vorlagebehälter (8)
- Rührer (9)
- Kolbenmembran-Dosierpumpe (7)
- Dosiergarnitur mit Rohrleitung und Fußventil (7.1)
- Dosierarmatur (7.2)
- Mischventil (7.3)

Das Fußventil, welches am Ende der Saugleitung installiert ist, verhindert, dass nach Anlageninbetriebnahme die Saugleitung leer läuft. Mit Hilfe der Kolbenmembran-Dosierpumpe wird die Flockungshilfsmittel-Lösung aus dem Vorlagebehälter über die Dosierarmatur in den Gärrestvolumenstrom gefördert. Der Volumenstrom lässt sich durch die Pumpenfrequenz oder den Membranhub variieren. In der Dosierarmatur wird durch ein federbelastetes Kugelventil erreicht, dass in der Dosierleitung immer ein leichter Überdruck ansteht. Hierdurch wird sichergestellt, dass keine Gärreste in die Dosierleitung einströmen können. Mittels der Mischeinrichtung (7.3) lässt sich die Mischenergie, die auf den Gärrestvolumenstrom einwirkt, verändern.

Beim Gebrauch der Mischeinrichtung ist zu berücksichtigen, dass sich der Druckverlust in der Rohrleitung verändert, wodurch die Förderleistung der Impellerpumpe beeinflusst wird. Im Falle, dass die Förderleistung der Dosierpumpe nicht an den geänderten Gärrestvolumenstrom angepasst wird, kann es zu einer Über- bzw. Unterflockung kommen. Werden die Gärreste über- bzw. unterflockt, sinkt die Entwässerungsleistung in den Filtersäcken.

Bei der Konditionierung von Gärresten mit Hilfe von Flockungshilfsmitteln kommen vornehmlich kationische Emulsionen oder kationische pulverförmige Polymere zum Einsatz. Die zum Einsatz kommenden polymeren Flockungsmittellösungen haben bei der Gärrestkonditionierung üblicherweise eine Konzentration von 0,25 Gew-%.

Bei der Anwendung von kationischen Polymerlösungen ist unbedingt zu beachten, dass diese nur eine Haltbarkeitszeit von max. 24 Stunden haben. Gemäß diesem Sachverhalt muss spätestens nach 24 Stunden die Flockungsmittellösung verbraucht sein.

Vor jedem neuen Flockungsmittel-Lösungs-Ansatz ist das Vorlagegefäß mit Frischwasser auszuspülen bzw. zu reinigen. Verklebungen oder Ablagerungen an der Dosiergarnitur sind ebenfalls mit Wasser abzuspülen. Das Spülwasser ist dem Rohwasserpumpensumpf der Wasserreinigungsanlage zuzuführen. Sollten Störungen an der Kolbenmembranpumpe Typ Vario VAMC der Firma ProMinent Dosiertechnik auftreten, ist die Betriebsanleitung des Pumpenherstellers genauestens einzuhalten, vgl. Anlage.

d.4.1 Betriebsanleitung zur Herstellung einer polymeren Flockungshilfsmittel-Lösung

Beim Gebrauch von kationischen, polymeren Flockungshilfsmittel-Lösungen ist darauf zu achten, dass diese relativ schnell ihre Wirksamkeit verlieren. Deshalb sollten spätestens nach ca. 24 Stunden die kationischen Flockungshilfsmittel-Lösungen verbraucht sein. Entsprechend diesem Sachverhalt sollte immer nur so viel Flockungshilfsmittel-Lösung angesetzt werden, damit der Tagesbedarf gedeckt ist. Verbrauchte Lösungen müssen dem Rohwasserpumpensumpf der Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden.

Die kationischen, polymeren Flockungshilfsmittel-Lösungen werden aus pulverförmigen oder aus flüssigen Polymerprodukten hergestellt.

Nachstehend ist beschrieben, wie eine kationische Flockungshilfsmittel-Lösung hergestellt wird.

a) Herstellung einer kationischen Flockungshilfsmittel-Lösung unter Verwendung eines Pulverprodukts mit einem Wirkstoffanteil von 100 %

Ziel: Herstellung einer Polymerlösung mit einer Lösungskonzentration von 0,25 Gew-%

- Schutzkleidung tragen
- Vorlagebehälter mit sauberem Wasser reinigen
- Vorlagebehälter mit z. B. 100 Liter sauberem Wasser füllen
- Rührer am elektrischen Steuerschrank einschalten (9)
- 250 g kationisches Pulverprodukt vorsichtig in die Rührertrombe einstreuen

Bemerkung

Das kationische Pulverprodukt (250 g) ist über einen Zeitraum von ca. 5 Minuten gleichmäßig dem Wasser zuzuführen

- Über einen Zeitraum von 20 Minuten den Rührer nachlaufen lassen
- Nach 20 Minuten den Rührer ausschalten und die fertige Polymer-Lösung verwenden

b) Herstellung einer kationischen Flockungshilfsmittel-Lösung unter Verwendung einer Polymeremulsion mit einem Wirkstoffanteil von 50 %

Ziel: Herstellung einer Polymerlösung mit einer Lösungskonzentration von 0,25 Gew-%

- Schutzkleidung tragen
- Vorlagebehälter mit sauberem Wasser reinigen
- Vorlagebehälter mit z. B. 100 Liter sauberem Wasser füllen
- 500 ml kationische Polymeremulsion vorsichtig in die Rührertrombe eingießen

Bemerkung

Die kationische Polymeremulsion (500 ml) ist über einen Zeitraum von 5 Minuten gleichmäßig dem Wasser zuzuführen

- Über einen Zeitraum von 20 Minuten den Rührer nachlaufen lassen
- Nach 20 Minuten den Rührer ausschalten und die fertige Polymer-Lösung verwenden

d.5. Betriebsanleitung zur Gärrest-Entwässerungsanlage

Die Gärrest-Entwässerungsanlage ist in einem kompakten Container installiert und mit einer thermischen Solaranlage verbunden. Die Funktionsweise der Anlage ist halbautomatisch.

Abhängig von der Ventilstellung (11.1) bzw. (11.2) wird entweder der rechte oder linke Filtersack (11.5) bzw. (11.6.) mit konditionierten Gärresten befüllt, vgl. hierzu Bild 1 und Bild 2. Haben innerhalb des Filtersacks die Gärreste die maximale Füllhöhe erreicht, geht die Impellerpumpe (2) außer Betrieb. Im weiteren Entwässerungsverlauf gelangt das Porenwasser durch das Filtergewebe bis zur Bodenwanne der Entwässerungsanlage (11).

Der Ablauf der Bodenwanne ist über eine Rohrleitung mit dem Rohwasserpumpensumpf der Abwasserbehandlungsanlage verbunden. Im freien Gefälle strömt das Filtratwasser zu diesem Pumpensumpf.

Gleichzeitig zum Entwässerungsprozess verläuft innerhalb der Entwässerungsanlage ein Trocknungsprozess. Die thermische Energie, die sich mit Hilfe des Solarkollektors (12.1) gewinnen lässt, wird durch den Wärmeaustauscher (11.9) innerhalb der Entwässerungsanlage (11) an die Luft abgegeben. Mittels der zwei Rohrlüfter (11.3) und (11.4) wird Außenluft in die Anlage gesaugt und durch den Trocknungsprozess wasserangereichert in die Atmosphäre geblasen.

Die theoretische stündliche Trocknungsleistung der Anlage liegt bei ca. 10 Liter Wasser pro Stunde.

Muss der Filtersack gewechselt werden, ist folgender Arbeitsablauf einzuhalten:

- a) Schutzkleidung tragen
- b) Beide Rohrlüfter am elektrischen Schaltschrank spannungsfrei schalten
- c) Absperrventile (11.1) bzw. (11.2) schließen
- d) Fronttüren und Abdeckhaube öffnen

- e) Oberer und unterer Spannverschluss an den Lochtrommeln öffnen
- f) Vordere Lochtrommel–Halbschale abnehmen
- g) Filtersack mit den entwässerten Gärresten herausheben und zur Weiterverarbeitung bereitstellen
- h) Innenraum der Entwässerungsanlage mit Wasser reinigen
- i) Vordere Lochtrommel-Halbschale positionieren und mit dem unteren Spannverschluss befestigen
- j) Filtersack in die Lochtrommel einhängen und mit dem oberen Spannverschluss befestigen
- k) Absperrventil (11.1) oder (11.2) öffnen
- l) Gesamte Entwässerungsanlage wieder in Betrieb nehmen

d.6 Betriebsanleitung zur Thermosolaranlage

Die Thermosolaranlage dient dazu, die feuchten Gärreste innerhalb der Entwässerungsanlage zu trocknen.

Im Wesentlichen besteht die Thermosolaranlage (12) aus folgenden Baugruppen, vgl. hierzu Bild 1:

- Solarkollektor (12.1) mit Rohrleitungssystem zum Wärmeaustauscher (11.9)
- Förderpumpe (12.3)
- Dämmerungsschalter (12.4)
- Absperrventil (12.5)
- Temperaturregler (12.6)
- Örtliche Temperaturanzeigen (12.7)
- Ausdehnungsgefäß (12.8)
- Ventil zum Befüllen bzw. Entleeren (12.9)
- Überdruckventil (12.10)
- Manometer (12.11.)
- Örtliches Durchflussmessgerät (12.12)
- Entlüftungsventil (12.13)

Mit Hilfe der Pumpe (12.3) wird der Rücklauf aus dem Wärmeaustauscher (11.9) von unten nach oben durch den Sonnenkollektor (12.1) gefördert. Hier im Sonnenkollektor erwärmt sich das Wasser und strömt als Vorlauf zurück zum Wärmeaustauscher. Durch das Absperrventil (12.5) lässt sich bedarfsweise der Wasservolumenstrom

einregulieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Vorlauf hinter dem Sonnenkollektor eine Temperatur von ca. 90 °C erreicht.

Hinter dem Sonnenkollektor ist ein Sicherheitsventil (12.10) installiert. Sollte bei einer Betriebsstörung der Systemdruck über 4 bar ansteigen, öffnet das Sicherheitsventil, wodurch der Systemdruck abfällt.

Mit Hilfe des Temperaturreglers (12.6) lässt sich die gewünschte Vorlauftemperatur einstellen. Die Regelung funktioniert derart, dass der Kreislaufwasservolumenstrom abhängig von der Intensität der Sonneneinstrahlung durch Öffnen und Schließen verändert wird.

Die Temperaturschwankungen bzw. die temperaturbedingten Schwankungen des Wasservolumens innerhalb des Systems werden durch das Ausdehnungsgefäß (12.8) ausgeglichen. Mit Hilfe des Ventils (12.9) lässt sich Wasser in das System einbringen, wobei die dabei verdrängte Luft über das Ventil (12.13) ausströmen kann. Die Leistung (Q) der Thermosolaranlage lässt sich wie folgt berechnen.

$$Q = c_{\text{H}_2\text{O}} m_{\text{H}_2\text{O}} (t_v - t_R) \text{ [kJ]}$$

Dabei wird mit hinreichender Genauigkeit die Wärmekapazität ($c_{\text{H}_2\text{O}}$) des Wassers mit konstant 4,20 kJ/ kg K angesetzt.

Der Massenstrom ($m_{\text{H}_2\text{O}}$) des Wassers lässt sich mit Hilfe des Durchflussmessers ablesen und die Temperaturdifferenz zwischen der abgelesenen Vorlauf- (t_v) und Rücklauf- (t_R) Temperatur berechnen.

Die Förderpumpe (12.3) wird durch den Dämmerungsschalter (12.4) angesteuert. Während des Tages ist die Anlage in Betrieb und in der Nacht stromlos geschaltet.

Die Anlageninbetriebnahme erfolgt nach folgendem Arbeitsmuster:

- Förderpumpe (12.2) an dem elektrischen Schaltschrank ausschalten
- Ventil (12.9) an die mitgelieferte Handpumpe per Schlauchverbindung anschließen
- Sauberes Wasser in die Handpumpenvorlage bis zur Markierung füllen
- Entlüftungsventil (12.13) öffnen
- Ventil (12.9) öffnen
- Wasser mit der Handpumpe in das System pumpen

- Nachdem keine Luft mehr aus dem Entlüftungsventil austritt, Entlüftungsventil schließen
- Mit der Handpumpe den Systemdruck bis auf 2,3 bar anheben und das Ventil (12.9) schließen
- Förderpumpe (12.3) am elektrischen Schaltschrank einschalten
- Nach einer Pumpenlaufzeit von 5 Minuten das Entlüftungsventil solange öffnen, bis der Systemdruck
- bis auf 2 bar abgefallen ist
- Entlüftungsventil schließen und Anlage betreiben

Sollte der Systemdruck abfallen, sind mit einer Seifenlauge die Rohrleitungen und die Armaturen auf Dichtheit zu überprüfen.

Ist das System dicht und der Systemdruck trotzdem abgefallen, ist die Anlage wie o. b. nochmals in Betrieb zu nehmen.

d.7 Betriebsanleitung zur Photovoltaik-Anlage

Der Schaltplan der Photovoltaik-Anlage ist in Bild 4 dargestellt.

Im Wesentlichen besteht die Photovoltaik-Anlage aus folgenden Baumodulen:

- 6 Stück baugleiche Solarpaneele mit einer Leistung von jeweils 190 Wp
- 1 Stück Solarladeregler, der mit den Solarpaneele und den Akkumulatoren verbunden ist
- 1 Stück Sicherung am Solarreglerein- und ausgang
- 1 Stück elektrischer Gleichstromzähler
- 4 Stück baugleiche Gel-Blei-Akkumulatoren
- 1 Stück Wechselrichter, der den Gleichstrom mit einer Spannung von 24 V auf einen
- Wechselstrom von 230 V und 50 Hz umwandelt

Die Anlage ist vormontiert. Mit Ausnahme der 6 Stück Solarpaneele sind alle Bauteile im mitgelieferten Materialcontainer installiert und mit dem elektrischen Schaltschrank verbunden.

Die 6 Stück Solarpanele sind auf dem Dach des Containers der Biogasanlage zu installieren und gemäß Schaltplan miteinander zu verdrahten sowie an den Solarladeregler anzuschließen.

Bei der Installation der Solarpanele ist, wie nachstehend beschrieben, zu verfahren:

- Flacheisen für die Befestigung der Solarpanel-Spoiler an dem Containerdach anschweißen. Hierzu sind jeweils 4 Stück Flacheisen pro Spoiler zu verwenden.
- Solarpanel-Spoiler an die Flacheisen anschrauben. Die Solarpanele exakt nach Süden ausrichten und so aufständern, dass die Neigung zur Sonne ca. 5 bis 10 Grad beträgt.

Bemerkung

Durch die Aufständern soll erreicht werden, dass Regenwasser schnell abfließen kann und dass dabei die Oberfläche durch das abfließende Regenwasser gereinigt wird.

Auf Grund der Nähe zum Äquator hat die Neigung von 5 bis 10 Grad zur Sonne keinen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsabgabe der Solarpanele.

- Solarpanele untereinander gemäß Schaltplan verdrahten und an den Solarregler anschließen.
- Dabei sind die elektrischen Kabel in einem lichtstabilen Kunststoffrohr zu verlegen.
- Photovoltaik-Anlage in Betrieb nehmen und die Leistung überprüfen. Wobei die maximale elektrische Leistung bei 1.140 Wp liegt.

Die Photovoltaik-Anlage ist weitgehend wartungsfrei. Sollte ein Leistungsabfall festgestellt werden, sind die Flächen der Solarpanele mit Wasser ggf. unter Verwendung von Spülmittel zu reinigen.

d.8 Aufstellung der Wasser- und Biogas- sowie Gärrest-Aufbereitungsanlage in Dai Lam, Vietnam

In Bild 5 ist der vorläufige Aufstellungsplan der Gesamtanlage in Dai Lam, Vietnam dargestellt.

Das Rohwasser der Gemeinde Dai Lam gelangt über ein Kanalsystem in den Rohwasserpumpensumpf (1). Von hier aus wird der zu reinigende Teilvolumenstrom in die Abwasserreinigungsanlage (2) der Firma VIS International GmbH gefördert.

Das nicht behandelte Abwasser wird unterhalb der Gesamtanlage durch eine Rohrleitung in einen Entwässerungsgraben geleitet.

Hinter der Abwasserreinigungsanlage ist die Biogasanlage (3) der Firma VIS International GmbH angeordnet.

Die einzelnen Funktionsgruppen der Gärrest-Aufbereitungsanlage (4) sind stirnseitig vor der Biogasanlage angeordnet.

Wie das Bild 5 zeigt, ist neben dem Pumpensumpf (5), in dem die Gärreste eingeleitet werden, der Homogenisator (6) installiert.

Daneben befindet sich der Materialcontainer, in dem die nachstehenden Bauteile installiert sind:

- Impellerpumpe mit Rohrleitungssystem zur Gärrestförderung
- Dosieranlage I für die Fe-III-Cl-Lösung
- Rohrreaktor I und II
- Dosieranlage II für die kationische Polymerlösung
- Photovoltaik-Anlage mit Ausnahme der Solarpanele
- Elektrischer Schaltschrank
- Beleuchtung

Die Solarpanele der Photovoltaik-Anlage sind auf dem Containerdach der Biogasanlage installiert. Sie sind nach Süden ausgerichtet und leicht, mit einem Winkel von 5 bis 10 Grad, aufgeständert.

Rechts neben dem Materialcontainer steht die Entwässerungsanlage. Die Entwässerungsanlage beinhaltet neben den Lochtrommeln mit den Filtersäcken auch alle Bauteile der Thermosolaranlage, wobei hiervon der Solarkollektor ausgenommen ist.

Der Solarkollektor ist auf dem Dach des Materialcontainers installiert. Er ist nach Süden ausgerichtet und mit einem Winkel von 5 bis 10 Grad aufgeständert.

e) Wartungsanleitung

Die Versuchsanlage Typ HU-V-002 ist weitgehend wartungsfrei. Trotz dieses Sachverhaltes müssen zur Gewährleistung eines einwandfreien Anlagenbetriebes die folgenden Arbeiten regelmäßig durchgeführt werden.

Nr.	Bezeichnung	Zyklus	Bemerkung
1.	Audiovisuelle Überprüfung des Anlagenzustandes auf Schäden und auf Sauberkeit	täglich	während des Anlagenbetriebes
2.	Überprüfung der Flockungshilfsmittelmenge im Vorlagegefäß	täglich	während des Anlagenbetriebes
3.	Überprüfung der Fe-III-Cl-Vorlage im Vorlagegefäß	täglich	während des Anlagenbetriebes
4.	Reinigung der Solarpaneloberflächen und der Adsorberoberfläche	wöchentlich	während des Anlagenbetriebes
5.	Überprüfung der Förderleistung der Pumpen	wöchentlich	während des Anlagenbetriebes
6.	Kalibrierung der Temperaturreinrichtung in der Thermosolaranlage	monatlich	während des Anlagenbetriebes
7.	Überprüfung des Systemdrucks in der Adsorptionsanlage	monatlich	während des Anlagenbetriebes
8.	Reinigung der Anlage	nach Erfordernissen	während des Anlagenbetriebes

II.1.4 Erläuterung der durchgeführten Versuche und der Versuchsergebnisse

II.1.4.1 Untersuchungen zur Ermittlung der geeigneten Flockungshilfsmittel zur Gärrestbehandlung

Organische Flockungshilfsmittel haben sich als Konditionierungsmittel bei der Sedimententwässerung, mit Hilfe von mechanischen Anlagen, seit ihrer Einführung in den 60iger Jahren gegenüber den anorganischen Flockungshilfsmitteln durchgesetzt.

Zur Ermittlung der Wirksamkeit von polymeren Flockungshilfsmitteln bei Sedimententwässerungsprozessen hat sich der so genannte Capillary-Suction-Time-Test (CST-Test) als eine kostengünstige und schnelle Messmethode herauskristallisiert. Bei der nachstehend beschriebenen Versuchsdurchführung kam ein Gerät der Firma HeGo Biotec GmbH zum Einsatz.

Bei dem CST-Test besteht das Messprinzip darin, dass im Gegensatz zu anderen Filtrationsverfahren die Wasserabgabe nicht durch einen Über- oder Unterdruck, sondern durch die kapillare Saugkraft eines standardisierten Filterkartons bewirkt wird. Der CST-Wert ist die Zeit, die eine Wasserfront, hervorgerufen durch das Aufbringen von Sedimenten mittels einer Messhülse auf einem speziellen Filterpapier benötigt, um eine durch zwei Messpunkte definierte Strecke zurückzulegen.

Diese kapillare Fließzeit (Capillary-Suction-Time) ist somit ein Maß für die Fähigkeit, den Sedimenten Wasser abzugeben. Je höher der CST-Wert ist, umso intensiver ist das Wasser an den Feststoffpartikel gebunden. Ein Schlamm oder Gärrest mit einem hohen CST_0 -Wert kann erst nach Vorbehandlung mit einem FHM erfolgreich entwässert werden. Der CST_0 -Wert ist der CST-Wert des unbehandelten Schlammes bzw. Gärrestes.

Gegenüber der herkömmlichen Messmethode hat der CST-Test den Vorteil, dass innerhalb von wenigen Minuten das Messergebnis bezüglich des Sedimententwässerungsverhaltens vorliegt.

Im Allgemeinen lässt sich die Messdurchführung beim CST-Test wie folgt beschreiben:

- Durch Aufgabe der ungeflockten Sedimente in die Messhülse wird der CST_0 -Wert ermittelt.
- 100 ml Sedimente in einem 250 ml Becherglas vorgelegt.
- Mit Hilfe einer Einweg-Laborspritze wird die Flockungsmittel-Gebrauchslösung zugegeben.
- Sediment und FHM werden bei ca. 700 Uqm 10-15 Sekunden intensiv durchgemischt. Als geeignete Rührerform hat sich ein 4-Finger-Rührer bewährt.
- Die geflockten Sedimente werden in die Messhülse eingefüllt.
- Nach Erhalt des CST-Wertes sowie der Reinigung des Messgerätes werden die restlichen Sedimente weitere 15 Sekunden bei 700 Uqm gerührt, hierdurch ergeben sich Aussagen über die Scherstabilität der gebildeten Flocken.
- Die erneut durchmischten Sedimente werden in die Messhülse eingefüllt. Die erhaltenen CST-Werte sowie die beobachtete Flockengröße werden in einem Versuchsprotokoll notiert.

Auf der Grundlage des beschriebenen Messverfahrens wurde die Eignung und die zu erwartende Wirksamkeit der untersuchten Flockungshilfsmittel (FHM) ermittelt.

Hierzu wurden drei unterschiedliche Gärrestmischungen hergestellt.

Mischung I

25 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Belebtschlamm

75 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Schweinegülle

Mischung II

50 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Belebtschlamm

50 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Schweinegülle

Mischung III

75 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Belebtschlamm

25 % Gärreste, entstanden vorwiegend aus Schweinegülle

Die gewählten Gärrestmischungen entsprachen im Wesentlichen denen, wie sie in Dai Lam zu erwarten waren.

Alle drei Gärrestmischungen ließen sich wie folgt charakterisieren:

Farbe: dunkelbraun

Geruch: charakteristisch, jedoch schwach ausgeprägt

TS_{105°C}: 0,57 % bis 0,7 %

CST₀: 361,56 s (trichterförmige Aufgabeeinheit mit kleiner Schlammauflagefläche)

Es wurden folgende polymeren Flockungshilfsmittel-Emulsionen auf ihre Wirksamkeit hin getestet:

Produktbezeichnung	Molekularität	Vernetzungsgrad	Kationische Ladungsdichte
Superfloc® SD 2064	hoch	mittel	60 Gew. %
Superfloc® C 2250	sehr hoch	ohne, linear	50 Gew. %
Superfloc® C 2260	sehr hoch	ohne, linear	60 Gew. %
Superfloc® E4583	hoch	ohne, linear	50 Gew. %
Superfloc® E4584	hoch	ohne, linear	60 Gew. %
GoFloc® V 704	hoch	mittel	60 Gew. %

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die genannten Flockungshilfsmittel bereits einer Vorauswahl aus einer Vielzahl von verschiedenartigen organischen Flockungshilfsmitteln unterlagen. Die durchgeführte Vorauswahl stützte sich auf langjährige Erfahrungswerte im Bereich der Sedimententwässerung.

Mit Hilfe des CST-Testverfahrens zeigte sich, dass die organischen Flockungshilfsmittel mit einer hohen Molekularität und einem mittleren Vernetzungsgrad und die Flockungsmittel mit einer sehr hohen Molekularität und einem linearen Vernetzungsgrad nur ungeeignete Entwässerungsergebnisse lieferten.

Wohingegen mit den beiden Flockungsmitteln Superfloc E 4583 und Superfloc E 4584, die eine hohe Molekularität und einen linearen Vernetzungsgrad besitzen, gute bis sehr gute Entwässerungsleistungen erzielt wurden.

Gemäß diesem Sachverhalt sieden die nachstehenden Flockungshilfsmittel, mit denen nur CST-Werte von $CST > 20$ s erzielt werden konnten, für die weiterführenden Untersuchungen aus.

<u>Bezeichnung</u>	<u>Typ</u>	<u>kationische Ladungszahl</u>
Superfloc®	SD 2064	60 – Gew. %
Superfloc®	C 2250	50 – Gew. %
Superfloc®	C 2260	60 – Gew. %
GoFloc®	V 704	60 – Gew. %

In den Bildern 6, 7 und 8 sind die ermittelten CST-Werte in Abhängigkeit von der dosierten organischen Flockungshilfsmittelmenge dargestellt.

Das Bild 6 zeigt die Ergebnisse, die mit der Gärrestmischung aus 25 % Belebtschlamm und 75 % Schweinegülle ermittelt wurden.

Das Bild 7 zeigt die CST-Werte der Gärrestmischung aus 50 % Belebtschlamm und 50 % Schweinegülle und das Bild 8 die CST-Werte der Gärrestmischung aus 75 % Belebtschlamm und 25 % Schweinegülle.

In Bild 6 sind die CST-Werte aufgetragen, die mit Hilfe der Flockungshilfsmittel Superfloc E 4583 und Superfloc E 4584 erzielt wurden.

Der geringste CST-Wert, der so genannte isoelektrische Punkt, ließ sich durch Anwendung des FHM E 4584 erreichen.

Bei einer FHM-Dosiermenge von 200 g/m^3 lag der isoelektrische Punkt bei 7 s, wohingegen der isoelektrische Punkt trotz höherer Dosiermenge des FHM E 4583 lediglich bei 9,5 s lag. Der Vergleich beider Dosiermengen zeigt, dass sich beim Einsatz des FHM E 4584 bis zu 50 % organische Flockungshilfsmittel einsparen lassen.

Organische Flockungshilfsmittel, bei denen sich der isoelektrische Punkt so deutlich abzeichnet wie bei dem FHM E 4584, haben gegenüber den anderen Flockungshilfsmitteln den Nachteil, dass sie sich auf Grund der Prozessempfindlichkeit bei manuell geführten Entwässerungsprozessen nicht so einsetzen lassen.

Deshalb kommen bei Entwässerungsanlagen, wie die in Dai Lam, die über keine TS-Wert geführte FHM-Zugabe verfügen, vornehmlich Flockungshilfsmittel zum Einsatz, bei denen der isoelektrische Punkt nicht so ausgeprägt ist und die CST-Werte im Bereich des isoelektrischen Punktes relativ flach verlaufen, wie zum Beispiel beim FHM E 4583.

Trotz des höheren FHM-Verbrauches und des höheren CST-Wertes kommt bei der Pilotanlage in Dai Lam das unempfindlichere FHM E 4583 zum Einsatz.

In Bild 7 sind die CST-Werte als Funktion der Dosiermenge an Flockungshilfsmitteln aufgetragen, die mit Hilfe der Gärrestmischung, gewonnen aus 50 % Belebtschlamm und 50 % Schweinegülle, erzielt wurden.

Auch hier zeigt sich, dass das FHM E 4584 hinsichtlich der Verbrauchswerte dem FHM E 4583 überlegen war. Zu beobachten war aber, dass der Verlauf des CST-Wertes bei dieser Gärrestmischung sich nicht mehr so deutlich unterschied wie bei der vorrangegangenen Gärrestmischung.

In Bild 8 sind die CST-Werte dargestellt, die mit der Gärrestmischung bestehend aus 75 % Belebtschlamm und 25 % Schweinegülle, ermittelt wurden.

Ähnlich wie bei den Gärresten bestehend aus 50 % Belebtschlamm und 50 % Schweinegülle verlaufen auch hier die gemessenen CST-Werte. Im Gegensatz zu den bisherigen Ergebnissen liegt aber der isoelektrische Punkt bei beiden Flockungshilfsmitteln auf fast gleicher Höhe. Lediglich die Verbrauchswerte sind beim FHM E 4583 etwas höher als bei FHM E 4584. Aus den genannten Gründen wurde in Dai Lam das FHM E 4583 eingesetzt.

II.1.4.2 Weiterführende Untersuchungen zur Gärrestaufbereitung

In Ergänzung zu den Versuchsreihen, die in Vietnam durchgeführt wurden, erfolgten in Deutschland weiterführende Entwässerungsversuche zur Gärrestbehandlung. Dabei wurden unterschiedliche Gärreste im Labor und anschließend im Betriebsmaßstab mechanisch entwässert.

a) Untersuchungen zur Auswahl geeigneter polymerer Flockungshilfsmittel für den Einsatz zur Schlammeindickung und Gärrestentwässerung in einer Kläranlage

Der Überschussschlamm aus der biologischen Abwasserbehandlung wurde bei dieser Anlage mit Hilfe von Siebtrommeln eingedickt. Der eingedickte Überschussschlamm wurde gemeinsam mit dem Primärschlamm einer anaeroben Fermentation zugeführt. Die Entwässerung der dabei anfallenden Gärreste erfolgte mit Hilfe einer Kammerfilterpresse der Fa. Passavant. Im Rahmen von Laboruntersuchungen wurde für beide Schlammbehandlungsprozesse geprüft, mit welchen polymeren Flockungshilfsmitteln auf Emulsionsbasis der Entwässerungsprozess optimiert werden kann. Die Untersuchungen wurden für beide Schlammbehandlungsverfahren separat durchgeführt.

Untersuchungen zur maschinellen Entwässerung von biologischem Überschussschlamm

Charakterisierung der Schlammprobe

Farbe: dunkelbraun

Geruch: charakteristisch, jedoch schwach ausgeprägt

TS_{105°C}: 0,57%

Getestete polymere Flockungshilfsmittel

Es wurden die folgenden polymeren Flockungshilfsmittel-Emulsionen auf ihre Wirksamkeit hin getestet:

Produktbezeichnung	Molekularität	Vernetzungsgrad	Kationische Ladungsdichte
Superfloc® SD 2064	hoch	mittel	60 Gew. %
Superfloc® SD 2065	mittel	hoch	60 Gew. %
Superfloc® SD 2083	hoch	mittel	80 Gew. %
Superfloc® SD 2085	mittel	hoch	80 Gew. %
Superfloc® E 4689	hoch	mittel / hoch	80 Gew. %
Superfloc® E 4690	hoch	hoch	80 Gew. %
GoFloc® V 704	hoch	hoch	60 Gew. %

Von den angegebenen Produkten wurden Lösungen von 0,5 ml der Handelsware in 200 ml Leitungswasser bereitet (Konzentration: 0,25% Handelsware).

Versuchsdurchführung

Auf einem Mehrstellen-Magnetrührwerk wurden jeweils 3 unterschiedliche Produkte miteinander verglichen. Dazu wurden in Bechergläsern jeweils 300 ml der Schlammprobe vorgelegt. Die angegebenen Mengen der Polymerlösungen wurden zugesetzt und anschließend mit 500 Upm 30 Sekunden lang durchmischt. Die resultierende Flockengröße wurde visuell bewertet. Die Produkte mit dem besten Flockungsergebnis aus jeder Versuchsreihe wurden anschließend miteinander verglichen.

Versuchsreihe 1

Glas-Nr.	1	2	3
Probenvolumen [ml]	300		
Produkt	Superfloc® SD 2064	Superfloc® SD 2065	GoFloc® V 704
Dosiermenge [ml]	4,0		
Einmischung	30 sek. / 500 Upm		
Flockengröße, relativ	2	1	3

Versuchsreihe 2

Glas-Nr.	1	2	3
Probenvolumen [ml]	300		
Produkt	Superfloc® SD 2083	Superfloc® SD 2085	Superfloc® E 4690
Dosiermenge [ml]	4,0		
Einmischung	30 sek. / 500 Upm		
Flockengröße, relativ	2	2	3

Versuchsreihe 3

Glas-Nr.	1	2	3
Probenvolumen [ml]	300		
Produkt	GoFloc® V 704	Superfloc® E 4690	Superfloc® E 4689
Dosiermenge [ml]	5,0		
Einmischung	500 Upm		
Flockenbildung, relativ	1	2	2
Flockengröße, relativ (30s)	gleichwertig		
Flockengröße, relativ (60s)	gleichwertig		
Flockengröße, relativ (120s)	gleichwertig		

Mithilfe des Flockengrößenvergleichs war eine Auswahl zwischen den Produkten GoFloc® V 704, Superfloc® E 4690 und E 4689 nicht möglich.

In einem weiteren Versuch wurden die Entwässerbarkeiten der geflockten Schlammproben miteinander verglichen. Hierzu wurden jeweils 200 ml der Schlammprobe vorgelegt, mit 4 ml der Polymerlösungen versetzt und 30 s mit 350 Upm durchmischt. Flocken und Freiwasser wurden mit Hilfe eines Siebbandes voneinander getrennt. Die abgegebene Menge Filtratwasser pro Zeiteinheit wurde aufgezeichnet.

Anschließend wurde der Filterkuchen auf dem Siebband hinsichtlich seiner Struktur visuell beurteilt.

Glas-Nr.	1	2	3
Probenvolumen [ml]	200		
Produkt	GoFloc® V 704	Superfloc® E 4690	Superfloc® E 4689
Dosiermenge [ml]	4,0		
Einmischung	30 s / 350 Upm		
Kuchen	feucht, klebrig	trocken, offenporig	trocken, offenporig

Versuchsergebnis

Aus der Reihe der getesteten Flockungshilfsmittel-Emulsionen wurde das Produkt Superfloc® E 4690 als am Besten geeignet ausgewählt. Im vergleichenden Seihtest wurde die größte Filtratwassermenge abgegeben und ein trockener, offenporiger Filterkuchen gebildet, vgl. hierzu Bild 9. Das Produkt Superfloc® E 4689 war nur unwesentlich schlechter, sodass beide Produkte ähnlich gut geeignet für eine Eindickung des aeroben Überschussschlammes sind.

Untersuchungen zur maschinellen Entwässerung von Gärresten die bei anaerob behandeltem Klärschlamm anfallen

Charakterisierung der Schlammprobe

Farbe: schwarz

Geruch: charakteristisch, stark ausgeprägt

TS_{105°C}: 3,78%

CST₀: 361,56 s (trichterförmige Aufgabeeinheit mit kleiner Schlammauflagefläche)

Getestete polymere Flockungshilfsmittel

Es wurden die folgenden polymeren Flockungshilfsmittel-Emulsionen auf ihre Wirksamkeit hin getestet:

<i>Produktbezeichnung</i>	<i>Molekularität</i>	<i>Vernetzungsgrad</i>	<i>Kationische Ladungsdichte</i>
Superfloc® SD 2064	hoch	mittel	60 Gew.%
Superfloc® C 2250	sehr hoch	ohne, linear	50 Gew.%
Superfloc® C 2260	sehr hoch	ohne, linear	60 Gew.%
Superfloc® E 4583	hoch	ohne, linear	50 Gew.%
Superfloc® E 4584	hoch	ohne, linear	60 Gew.%

Von den angegebenen Produkten wurden Lösungen von 1,0 ml der Handelsware in 200 ml Leitungswasser bereitet (Konzentration: 0,5% Handelsware).

Versuchsdurchführung

Jeweils 100 ml Schlamm wurden mit unterschiedlichen Mengen der 0,5 %igen Polymerlösung versetzt und 30 Sekunden lang bei ca. 1000 Upm mit einem Y-Rührer durchmischt. Mithilfe eines Gerätes "CST 100" der HeGo Biotec GmbH wurde das erzielte Entwässerungsverhalten bestimmt.

Die Flockengröße wurde visuell beurteilt und im Protokoll vermerkt. Die im Verlaufe der Versuche erhaltenen CST-Werte sind in Bild 10 als Funktion der Dosiermenge grafisch dargestellt.

Versuchsergebnisse

CST-Werte bei unterschiedlichen Polymer-Dosiermengen

Dosierung [ml]	Dosierung [g/m ³]	SD 2064	C 2250	C 2260	E 4583	E 4584
5,0	100,0		23,21	22,28	23,21	23,82
7,5	150,0		16,62	13,37	14,62	19,67
10,0	200,0	23,46	21,00	50,61	15,50	14,66
12,5	250,0				16,67	16,40
15,0	300,0	13,05	43,09		19,93	21,87
20,0	400,0	14,13				
25,0	500,0	16,71				
30,0	600,0	19,04				

Superfloc[®] SD 2064 zeigt in der Auftragung der CST-Werte gegen die Polymer-Dosiermenge ein sehr breites Entwässerungsoptimum. Die zugehörigen Flockengrößen liegen erst ab einer Dosiermenge von 300 g/m³ in einem Bereich, der eine gute Entwässerbarkeit verspricht.

Die Produkte Superfloc[®] C 2250 und C 2260 liefern sehr rasch große Flocken. Die Entwässerungsoptima für beide Produkte sind jedoch sehr eng, sodass die Gefahr einer Überdosierung besteht, die bei einer Entwässerung über Kammerfilterpressen rasch zu einem Verblocken der Filtertücher führen kann.

Die mit Superfloc[®] E 4583, bei einer Dosiermenge ab 200 g/m³ (10 ml), gebildeten Flocken sind für eine Druckentwässerung optimal. Bei diesem Produkt fallen Entwässerungsoptimum (niedrigster CST-Wert) und optimale Flockengröße nahezu zusammen, sodass für einen Betriebsversuch dieses Produkt gewählt wurde.

Superfloc[®] 4584 benötigt in den Laboruntersuchungen etwas höhere Dosiermengen, um das Entwässerungsoptimum zu erreichen.

Gemäß diesem Sachverhalt wurde für einen Betriebsversuch zur maschinellen Entwässerung des biologischen Überschussschlammes das Produkt **Superfloc® E 4690** eingesetzt.

Für den Betriebsversuch zur Gärrestentwässerung mit Hilfe einer Kammerfilterpresse wird das Produkt **Superfloc® E 4583** eingesetzt.

Im Verlaufe der Betriebsversuche konnten die Laboregebnisse bestätigt werden, wobei die Gärreste bis zu einem TS-Wert von 35 Gew. % entwässert werden konnten.

b) Entwässerung von Gärresten aus einer Biogasanlage in der Maissilage fermentiert wird

Bei dieser Anlage wurden die Gärreste mit Hilfe von Zentrifugen entwässert. Dabei fiel ein relativ feststoffreiches Zentrat an. Die Versuche hatten das Ziel, die Gärreste soweit aufzubereiten, dass ein weitgehend feststofffreies Zentrat anfällt.

Getestete polymere Flockungshilfsmittel

Bezeichnung	Spezifikation	Konzentration
Superfloc® C 491	DCPAM, 5-7 Mio. 10% Charge	0,2%
Superfloc® C 492	DCPAM, 5-7 Mio. 20% Charge	0,2%
Superfloc® C 492 HMW	DCPAM, 7-9 Mio. 20% Charge	0,2%
Superfloc® C 494	DCPAM, 5-7 Mio. 40% Charge	0,2% / 0,5%
Superfloc® C 494 HMW	DCPAM, 7-9 Mio. 40% Charge	0,2% / 0,5%
Superfloc® C 495 HMW	DCPAM, 7-9 Mio. 50% Charge	0,5%
Superfloc® C 496	DCPAM, 5-7 Mio. 60% Charge	0,5%
Superfloc® C 496 HMW	DCPAM, 7-9 Mio. 60% Charge	0,5%
Superfloc® SD 2064	ECPAM, 8-9 Mio. 60% Charge	0,21%
Superfloc® SD 2065	ECPAM, 7-8 Mio. 60% Charge	0,21%
Superfloc® E 82071	ECPAM, 8-9 Mio. 70% Charge	0,21%
Superfloc® SD 2083	ECPAM, 8-9 Mio. 80% Charge	0,21%
Superfloc® SD 2085	ECPAM, 7-8 Mio. 80% Charge	0,21%

Ermittlung eines geeigneten Dosierbereiches

200 ml Probe

Superfloc® C 492, 0,2%ig, schrittweise Zugabe

Deutliche Flockung ab einer Dosiermenge von 10 ml. Erhöhung der Dosiermenge ergab keine deutlich größeren Flocken.

Produktvergleich DCPAM, 750 Upm, 30 s

Glas-Nr.	1	2	3	4	5
Probe [ml]	200	200	200	200	200
Produkt	C 491	C 492	C 492/1	C 494	C 494/1
C [%]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dosierung [ml]	10	10	10	10	10
Flockengröße	1	2	3	4	5

Produktvergleich DCPAM, 750 Upm, 30 s

Glas-Nr.	1	2	3	4	5
Probe [ml]	200	200	200	200	200
Produkt	C 494	C 494/1	C 495/1	C 496	C 496/1
C [%]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Dosierung [ml]	4	4	4	4	4
Flockengröße	5	4	3	2	1

Aus den beiden Versuchsreihen ergab sich Superfloc® C 494 als das am besten geeignete Produkt.

Ermittlung des geeigneten Dosierbereiches für ECPAM

200 ml Probe

Superfloc® SD 2065, 0,21%ig, schrittweise Zugabe

Deutliche Flockung ab einer Dosiermenge von 5 ml. Erhöhung der Dosiermenge ergab keine deutlich größeren Flocken.

Produktvergleich DCPAM, 750 Upm, 30 s

Glas-Nr.	1	2	3	4	5
Probe [ml]	200	200	200	200	200
Produkt	SD 2064	SD 2065	E 82071	SD 2083	SD 2085
C [%]	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Dosierung [ml]	5	5	5	5	5
Flockengröße	5	4	3	2	4

Im direkten Vergleich zwischen Pulver- und Emulsionsprodukten erweist sich Superfloc® SD 2065 bei höheren Scherbelastungen als das leistungsfähigere Produkt.

Im Rahmen des Betriebsversuches wurden die Produkte Superfloc® C 492 und SD 2065 getestet. Mit beiden Produkten konnten die Gärreste soweit aufbereitet werden, dass das Zentrat weitgehend feststofffrei war.

Die erreichte Trockenstoffkonzentration lag bei einem TS-Wert-Wert von 32 %.

c) Labor- und Betriebsversuche zur Entwässerung von Gärresten aus einer Biogasanlage, in der Lebensmittel und Fette fermentiert werden

Bei dieser Biogasanlage handelt es sich um eine Cofermentationsanlage, in der unter anderem Lebensmittelabfälle und Fettabscheiderabfälle fermentiert werden. Die Gärreste wurden bei dieser Anlage mit Hilfe einer Schneckenpresse der Firma IMB & Frings entwässert.

Hierbei wurde besonders der im Retentat enthaltene feinkörnige Feststoffanteil mit einem Partikeldurchmesser <250µm im Endlager aufkonzentriert. Dieser Feinkornanteil bewirkte, dass die Leistung der nachgeschalteten Mikrofiltrationsanlage sank. Ziel der Versuche war, die Feststoffabscheidung mit Hilfe eines polymeren Flockungshilfsmittels zu verbessern bzw. zu optimieren.

Die durchgeführten Laborversuche zeigten, dass mit Hilfe der Polymeremulsion „Optifloc EK355W“ die beste Feststoffabscheidung erzielt werden konnte. Der Verbrauch an Polymeremulsion schwankte dabei zwischen 0,5 kg und 0,6 kg pro m³ Gärrest.

Diese Polymerlösung, mit einer Konzentration von 0,71 % bezogen auf die Handelsware, wurde mit Hilfe einer Exzentrerschneckenpumpe dem Gärrest vor der Schneckenpresse zugesetzt.

Bei einem konstanten Volumenstrom des Gärrestes von 5,0 m³/h wurde zunächst der Feststoff im Ablauf der Schneckenpresse ermittelt. Anschließend wurden drei verschiedene Polymerdosiermengen zugesetzt und erneut jeweils der Feststoffgehalt im Ablauf der Schneckenpresse bestimmt.

Während der Polymerdosierung konnte eine deutliche Veränderung am Feststoffaustrag der Schneckenpresse beobachtet werden. Ohne Polymerdosierung zerfiel der Feststoff in faserige kleine Krümel. Die Flockungshilfsmittelzugabe bewirkte eine deutliche Vergrößerung der ausgetragenen Feststoffaggregate bis über Tennisballgröße.

Bezüglich der Feststoffabscheidung lag die optimale Polymerdosiermenge bei 5 kg pro m³ Gärrest.

Nach einer Sedimentationszeit von 12 s war das Retentat weitgehend feststofffrei, so dass die Mikrofiltration ohne Störungen durchgeführt werden konnte.

II.1.4.3 Beschreibung der Versuchsdurchführung und der Versuchsergebnisse in Dai Lam

Die Versuche zur Gärrestaufbereitung wurden in Dai Lam in den nachstehenden Zeiträumen durchgeführt:

01.09.2012 → 31.09.2012

02.05.2013 → 17.05.2013

02.03.2014 → 22.03.2014

14.06.2014 → 14.07.2014

Wie die Versuche im Mai 2013 zeigten, reichte die installierte thermische Leistung nicht aus, die Gärreste innerhalb von 5 Tagen bis zu einem stichfesten Zustand zu trocknen.

Aus diesem Grunde wurde die Sonnenkollektorfläche um 2 m² vergrößert, sodass in Dai Lam insgesamt 4 m² Kollektorfläche installiert waren. Die erzielte spezifische, maximale Kollektorleistung lag bei 620 W/m², damit betrug die maximale Gesamtleistung der Solaranlage 2.480 W.

Die mittlere, maximale Vorlauftemperatur, die im März 2014 in der Zeit zwischen 9.00 Uhr und 17.00 Uhr aus den Messungen an 5 Tagen ermittelt wurden, sind in Bild 11 dargestellt.

Des Weiteren zeigten die Versuche, dass sich innerhalb des Filtersackes unterschiedliche Trocknungszonen ausbildeten.

Während im äußeren Randbereich die Gärreste nach einer Trocknungszeit von 24 Stunden bereits stichfest waren, hatten sie im inneren Kernbereich noch eine flüssige Konsistenz.

Um die Trocknung innerhalb des Gärrest-Filterkuchens zu verbessern, wurde in einem der beiden Filtersackeinrichtungen zusätzlich eine elektrische Heizsonde installiert.

In Bild 12 ist die elektrische Heizsonde dargestellt. Wobei in Bild 12a die Position der elektrischen Heizung in der Filtersackeinrichtung dargestellt ist und das Bild 12 b ein Foto der elektrischen Heizsonde innerhalb des Filtersackes zeigt. Die maximale thermische Energieleistung der Heizsonde betrug 170 W.

In Ergänzung zu den geplanten Trocknungsversuchen wurden zur erweiterten Gärrestaufbereitung zwei Erdpolder neben der Versuchsanlage installiert. Zur besseren Filterwasserableitung wurde die Sohle der Erdpolder mit einer ca. 10,0 cm hohen Sandschüttung aufgefüllt. Jeder Erdpolder hatte folgende Abmessungen:

Breite: 50 cm
Länge: 40 cm
Höhe: 40 cm
Dränagehöhe: 10 cm

In dem Bild 13 ist der gewählte Aufbau der Erdpolder dargestellt. Im Verlauf der Versuchsdurchführung wurden die Erdpolder mit geflockten und ungeflockten Gärresten befüllt und der Trocknungsverlauf dokumentiert.

In Bild 14 ist der Trocknungsverlauf innerhalb der Erdpolder, mit und ohne Flockungsmittel konditioniert, dargestellt. Wie das Bild 14 zeigt, verläuft die Trocknung der mit Flockungsmitteln behandelten Gärreste anfänglich steiler. Allerdings wird dieser Vorteil mit der Zeit aufgebraucht, sodass nach ca. 12 Tagen in beiden Poldern die Gärreste stichfest sind.

a) Schwermetall- und Nährstoffkonzentration in den Gärresten sowie im Filtratwasser

Im Verlauf der Versuchsdurchführung wurde die Schwermetallkonzentration in den flüssigen und in den aufbereiteten Gärresten sowie in dem dabei anfallenden Filtratwasser bestimmt. Des Weiteren wurden die Nährstoffkonzentrationen in den einzelnen Stoffströmen ermittelt.

Die Probenahme und die Analysen wurden vom vietnamesischen Institut „Department of Environmental Quality Analysis (VILAS 366)“ durchgeführt.

In der Tabelle 1 sind die minimalen und die maximalen Schwermetallkonzentrationen dargestellt, die in den flüssigen und in den aufbereiteten Gärresten in dem Zeitraum zwischen Mai 2013 und Juli 2014 gemessen wurden.

Da es zurzeit in Vietnam keine Richtwerte bezüglich der maximalen Schwermetallkonzentration in Gärresten gibt, wurde für die Bewertung der aufbereiteten Gärreste die aktuelle deutsche Düngemittelverordnung herangezogen.

Unter Beachtung der aktuellen Grenzwerte der deutschen Düngemittelverordnung liegen alle gemessenen Schwermetallkonzentrationen weit unter den zulässigen Grenzwerten. Gemäß Düngemittelverordnung liegt beispielsweise der Grenzwert für Nickel bei 120 mg/kg TS. Die maximale Nickelkonzentration in den aufbereiteten Gärresten lag bei 15,2 mg/kg TS. Damit liegt dieser Wert weit unter dem zulässigen Grenzwert. Alle anderen Schwermetallgrenzwerte wurden ebenfalls deutlich unterschritten, vgl. hierzu Tabelle 1.

Unter Beachtung der geltenden Schwermetallgrenzwerte lassen sich sowohl die flüssigen als auch die aufbereiteten Gärreste problemlos als Dünger einsetzen.

In der Tabelle 2 sind die gemessenen minimalen und maximalen Schwermetallkonzentrationen im Filtratwasser der Gärrestaufbereitungsanlage dargestellt, die im Zeitraum zwischen Mai 2013 und Juli 2014 ermittelt wurden.

Unter Beachtung der Schwermetallgrenzwerte, die in der Verordnung über die Anforderungen zur Einleitung von Abwasser in Gewässer definiert werden, beziehungsweise dem geltenden Grenzwert für Arsen in Vietnam für Trinkwasser, der mit 0,05 mg/l festgelegt ist, übersteigt die gemessene, maximale Arsenkonzentration mit 4,89 mg/l diesen Grenzwert. Gemäß diesem Sachverhalt ist das Filtratwasser vor der Einleitung in die Vorflut aufzubereiten.

In der Tabelle 3 sind die maximalen und die minimalen Nährstoffkonzentrationen dargestellt, die in den flüssigen und den aufbereiteten Gärresten in der Zeit zwischen Mai 2013 und Juli 2014 gemessen wurden.

Unter Beachtung des gewünschten Mengenverhältnisses der Pflanzennährstoffe zwischen Stickstoff (1), Phosphor (0,2) und Kalium (0,7), also 1:0,2:0,7, weicht die mittlere, optimale Nährsalzzusammensetzung sowohl bei den flüssigen als auch bei den aufbereiteten Gärresten erheblich ab.

In der Tabelle 4 sind die einzelnen Nährsalzverhältnisse, bezogen auf die flüssigen und aufbereiteten Gärreste sowie dem Filtratwasser, dargestellt. Werden die einzelnen Nährsalzzusammensetzungen mit dem optimalen Mengenverhältnis verglichen, zeigt sich, dass vor allem der Kaliumwert weit unter dem Sollwert liegt.

Zur Optimierung der Gärrestnutzung als organischen Dünger sollten in dem Fermenter entweder mehr kaliumreiche Substanzen eingesetzt werden oder bei der Weiterverarbeitung der Gärreste Kalium zugeführt werden.

In Bild 5 sind die maximalen und minimalen Nährstoffkonzentrationen dargestellt, die im Filtratwasser in der Zeit zwischen Mai 2013 und Juli 2014 gemessen wurden.

Wie die Messwerte zeigen, hat das Filtratwasser eine fast optimale Nährsalzzusammensetzung, vgl. hierzu auch Tabelle 4. Auf Grund der erhöhten Arsenkonzentration sollte das Filtratwasser aber nicht als Flüssigdünger genutzt werden.

In Bild 15 ist die Trockenkonzentration der Gärreste in Abhängigkeit vom jeweiligen Aufbereitungsabschnitt in Form eines Balkendiagrammes dargestellt.

Wie dieses Bild zeigt, erreichen die Gärreste eine stichfeste Konsistenz bei einer Trockenstoffkonzentration von ca. TS=20 %. Durch das Flockungsverfahren lassen sich die flüssigen Gärreste, die einen TS-Wert von ca. 4 % hatten, auf einen TS-Wert von ca. 11 % eindicken.

Nach einer Trocknungszeit von ca. 3 bis 4 Tagen erreichen sie innerhalb des Filterkuchens eine stichfeste Konsistenz. Werden die Gärreste zusätzlich, innerhalb der Filtersackeinrichtung, mit einer Heizsonde behandelt, verkürzt sich die Trocknungszeit um ca. 1 Tag.

Als Ergebnis dieser Versuche kann festgestellt werden, dass sich die Gärreste mit Hilfe einer Aufbereitungsanlage innerhalb von 2 bis 3 Tagen soweit trocknen lassen, dass ihre Konsistenz stichfest ist. Damit die Gewebefiltersäcke nicht verkleben, muss bei diesem Trocknungsprozess Flockungsmittel eingesetzt werden. Bei der Erdpolderd Trocknung ist der Einsatz von Flockungsmitteln nicht erforderlich. Hier wurde die gewünschte stichfeste Konsistenz nach einer Trocknungszeit von ca. 12 Tagen erreicht.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Erfolgskontrollbericht, vgl. Anhang, des vorliegenden Abschlussberichtes sind die zahlenmäßigen Nachweise zu den einzelnen Positionen eingehend erläutert.

Die nachstehende Tabelle zeigt die tatsächlichen und die prozentualen Abweichungen zwischen der Gesamtvorkalkulation vom 10.12.2010 und den Ist-Kosten gemäß unserer Nachkalkulation.

Nummer	Bezeichnung	Abweichungen in %	Abweichungen in €
0813	Material	- 0,69	- 302,67
0823	FE-Fremdleistungen	- 3,62	- 3.351,58
0837	Personalkosten	+21,54	+ 56.951,53
0838	Reisekosten	- 6,04	- 2.990,40
0847	Vorhabensspezifische Abschreibungen	0,00	
0848	AfA Sonstiges	0,00	
0850	sonstige unmittelbare Vorhabenkosten	0,00	
0856	Kosten innerbetrieblicher Leistungen	0,00	
0860	Verwaltungskosten	0,00	

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Forschungsbedarf und die gewählte, wissenschaftliche Vorgehensweise zur Aufbereitung von flüssigen Gärresten, die in Vietnam durchgeführt wurden, lassen sich dadurch begründen, dass es hierzu bisher keine Erfahrungswerte, Veröffentlichungen oder Untersuchungsergebnisse gab.

Gemäß diesem Sachverhalt gab es auch keine Kenntnisse, wie sich die Gärreste zusammensetzen, die bei der Fermentation von Überschussschlamm und der Verwertung von organischen Abfallstoffen anfallen. Vor allem gab es keine Erfahrungen, wie sich das Abwasser aus Handwerksdörfern in Vietnam zusammensetzt und wieviel Abwasser pro Zeiteinheit dort anfällt. Des Weiteren gab es keine Kenntnisse darüber, ob sich die Gärreste als organischen Wirtschaftsdünger nutzen lassen.

II.4 Voraussichtlichen Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes

Die erreichten Ergebnisse entsprechen denen, der im Projektantrag formulierten Zielstellung.

Mit Hilfe der entwickelten Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage konnte nachgewiesen werden, dass sich flüssige Gärreste ohne mechanische Entwässerungseinrichtungen innerhalb von 3 Tagen bis zu einer stichfesten Konsistenz aufbereiten lassen.

Sofern eine zusätzliche Heizung innerhalb der Entwässerungseinrichtung installiert wird, verkürzt sich die Aufbereitungszeit um ca. 1 Tag. Dabei werden die homogenisierten, flüssigen Gärreste mit Hilfe eines zweistufigen Verfahrens behandelt. In der ersten Stufe werden die flüssigen Gärreste mittels einer flüssigen Polymerlösung geflockt und innerhalb eines Filtersackes entwässert. Die entwässerten Gärreste werden anschließend durch Sonnenenergie getrocknet.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass sich die getrockneten Gärreste als organischer Dünger verwerten lassen. Damit sich die stichfesten Gärreste als ein hochwertiger, organischer Dünger nutzen lassen, müssen den Gärresten in einem weiteren Aufbereitungsschritt noch phosphatreiche und kaliumreiche Substanzen zugemischt werden.

Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass das anfallende Filtratwasser grundsätzlich als Flüssigdünger verwendet werden kann. Auf Grund der erhöhten Arsenkonzentration, im vorliegenden Fall, musste es aber der Wasseraufbereitungsanlage wieder zugeführt werden.

In ergänzenden Versuchen konnte gezeigt werden, dass sich die flüssigen Gärreste in einer Erdpolderanlage innerhalb von 12 Tagen bis zu einer stichfesten Konsistenz trocknen lassen. Im Gegensatz zur Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage brauchen bei diesem Verfahren keine Flockungsmittel eingesetzt werden.

Ferner konnte nachgewiesen werden, dass sich, sofern polymere Flockungsmittel verwendet werden, der Entwässerungsprozess von flüssigen Gärresten beim Einsatz von mechanischen Entwässerungsverfahren signifikant verbessern lässt.

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, lassen sich flüssige Gärreste mit Hilfe von Sonnenenergie soweit aufbereiten, dass sie sich als organische Feststoffdünger nutzen lassen.

Unter Beachtung der Kenntnisse, die im Verlauf der Versuchsdurchführung erzielt wurden, kann künftig für Biogasanlagen, bei denen täglich bis zu 5 m³ Gärreste anfallen, eine angepasste, solarunterstützte Aufbereitungsanlage angeboten werden.

Durch die weiterführenden Untersuchungen wurden Erfahrungswerte gewonnen, mit denen sich mechanische Entwässerungsprozesse optimieren lassen. Hierdurch ist es möglich, auch größere Gärrestmengen energiesparend aufzubereiten.

Damit ist es künftig möglich, fast alle Gärreste soweit aufzubereiten, dass sie einer Nutzung zugeführt werden können.

II.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind keine Vorhaben zu vergleichbaren Entwicklungsprojekten oder Produkten bzw. ähnliche Arbeiten bekannt.

II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Bisher wurden die Ergebnisse des Teilprojektes „Konzeption und Entwicklung einer Niederenergiegärrestaufbereitungsanlage“ nicht veröffentlicht.

Es ist aber geplant die Ergebnisse, im Rahmen des Verbundprojektes mit den Projektpartnern zu veröffentlichen.

Anlage

1. Sicherheitshinweise zur Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002

Die Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage Typ HU-V-002 gliedert sich im Wesentlichen in folgende Funktionsgruppen auf:

- Homogenisator mit Rührer und Füllstandüberwachung sowie die Förderpumpe für die Gärreste.
- Dosieranlage für Eisen-III-Chlorid mit Vorlagebehälter, Dosierpumpe und Armaturen sowie Rohrreaktor.
- Dosieranlage für eine Polymerlösung mit Vorlagebehälter, Dosierpumpe und Armaturen sowie Rohrreaktor.
- Sackentwässerungs-Anlage, bestehend aus zwei baugleichen Lochfiltertrommeln, installiert in einem Kompaktcontainer.
- Thermische Solaranlage mit Solarkollektor, Wärmeaustauscher, Rohrleitung, Förderpumpe und allen erforderlichen Armaturen.
- Photovoltaik-Anlage bestehend aus 6 Stück Solarpanele, 4 Stück Gel-Blei-Akkumulatoren, Solarladeregler und 1 Stück Wechselrichter.

Die Dosieranlagen mit den Rohrreaktoren, die Förderpumpe für die Gärreste, der elektrische Schaltschrank sowie die Solaranlage, mit Ausnahme der Solarpanele, sind in einem Materialcontainer installiert.

Die Sackentwässerung sowie die thermische Solaranlage, mit Ausnahme des Sonnenkollektors, sind in einem Kompaktcontainer installiert.

Im Bild 1 ist das Verfahrens-Fließbild und in Bild 2 ist der Aufbau der gravimetrischen Filtersackentwässerungsanlage, wie sie bei der Gärrestaufbereitungsanlage Typ HU-V-002 zum Einsatz kommt, dargestellt.

Das jeweilige Volumen, die Abmessungen, die Gewichte, die elektrische Leistung sowie die exakte Typen-bezeichnung der einzelnen Funktionsgruppen bzw. deren Bauteile sind in der Stückliste bzw. AKZ-Liste zusammengestellt, vgl. Stückliste bzw. AKZ-Liste zur Gärrestaufbereitungsanlage Typ HU-V-002. In der vorliegenden Betriebsbeschreibung sind die jeweiligen Größen, die Gewichte und die entsprechende Leistung daher nicht mehr extra angegeben.

1.1 Hinweise zur Bedienungsanleitung

- Voraussetzung für den sicherheitsgerechten Umgang und den störungsfreien Betrieb der Anlage Typ HU-V-002 ist die Kenntnis der grundlegenden Sicherheitsvorschriften.
- Diese Betriebsanleitung enthält die wichtigsten Hinweise, um die Anlage Typ HU-V-002 sicherheitsgerecht zu betreiben.
- Die Betriebsanleitung, insbesondere die Sicherheitshinweise sind von allen Personen zu beachten, die mit der Anlage Typ HU-V-002 arbeiten.
- Darüber hinaus sind die für den Einsatzort geltenden Regeln und Vorschriften zur Unfallverhütung zu beachten.

1.2 Verpflichtungen des Betreibers bzw. des Projektleiters

Der Betreiber verpflichtet sich, nur Personen an der Anlage Typ HU-V-002 arbeiten zu lassen, die mit den Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung vertraut und in die Handhabung der Anlage Typ HU-V-002 eingewiesen sind, das Sicherheitskapitel und die Warnhinweise in dieser Betriebsanleitung gelesen, verstanden und durch ihre Unterschrift bestätigt haben.

Das sicherheitsbewusste Arbeiten des Personals soll in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

1.3 Verpflichtung des Personals

Personen, die mit Arbeiten an der Anlage Typ HU-V-002 beauftragt sind, verpflichten sich vor Arbeitsbeginn

- die Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung zu beachten.
- das Sicherheitskapitel und die Warnhinweise in dieser Betriebsanleitung zu lesen und durch ihre Unterschrift zu bestätigen, dass sie diese verstanden haben.

1.4 Gefahren im Umgang mit der Versuchsanlage Typ HU-V-002

Die Anlage Typ HU-V-002 ist nach dem neuesten Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Die Anlage Typ HU-V-002 ist nur

- für die bestimmungsgemäße Verwendung und
- in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand zu benutzen.

Bei unsachgemäßer Verwendung können Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen an der Anlage Typ HU-V-002 oder an anderen Sachwerten entstehen. Störungen, welche die Sicherheit beeinträchtigen können, sind umgehend zu beseitigen.

1.5 Bestimmungsgemäße Verwendung

Die Anlage Typ HU-V-002 ist für folgende Prozesse zu verwenden:

- Konditionierung und Entwässerung sowie Trocknung von Gärresten aus einer Biogasanlage unter Einsatz von Flockungs- und Flockungshilfsmitteln.
- Erwärmung von Kreislaufwasser mit Hilfe von Sonnenstrahlen unter Einsatz eines Sonnenkollektors.
- Erzeugung von elektrischer Energie mit Hilfe von Sonnenstrahlen sowie Speicherung von elektrischer Energie durch Wandlung in chemisch gebundener Energie mit Hilfe von Solarpanelen und Solarakkumulatoren.

Eine andere oder darüber hinausgehende Benutzung gilt als nicht bestimmungsgemäß und ist daher nicht zulässig.

Zu bestimmungsgemäßer Verwendung gehört auch

- das Beachten aller Hinweise aus der Betriebsanleitung und
- die Einhaltung der Inspektions- und Wartungsvorschriften sowie der
- Unfallverhütungsvorschriften

2. Sicherheitsvorschriften Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002

2.1 Organisatorische Maßnahmen

Die erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen sind vor Versuchsbeginn bzw. vor Anlageninbetriebnahme bereitzustellen.

Alle vorhandenen Sicherheitseinrichtungen sind regelmäßig vor Arbeitsbeginn zu überprüfen.

2.2 Schutzvorrichtungen

- Alle Schutzvorrichtungen müssen immer sachgerecht angebracht und funktionsfähig sein.
- Schutzvorrichtungen dürfen nur entfernt werden nach Stillstand und nachdem die Anlage
- Typ HU-W-0018 gegen erneutes Einschalten abgesichert wurde.
- Die Schutzvorrichtungen sind durch den Nutzer vorschriftsmäßig anzubringen.

2.3 Informelle Sicherheitsmaßnahmen

Die Betriebsanleitung ist ständig am Einsatzort der Anlage Typ HU-V-002 aufzubewahren. Ergänzend zur Betriebsanleitung sind die allgemeingültigen sowie die örtlichen Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz bereitzustellen und zu beachten. Alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise sind in lesbarem Zustand zu halten.

2.4 Ausbildung des Personals

Nur geschultes und eingewiesenes Personal darf an der Anlage TYP HU-V-002 arbeiten. Die Zuständigkeit des Personals ist klar festzulegen für das Montieren, Inbetriebsetzen, Bedienen, Rüsten, Warten und Instandsetzen.

Anzulernendes Personal darf nur unter Aufsicht einer erfahrenen Person an der Anlage Typ HU-V-002 arbeiten.

2.5 Gesamtanlage

Nur fachkundigem Personal ist es erlaubt die Anlage Typ HU-V-002 zu bedienen.

2.6 Sicherheitsmaßnahmen im Normalbetrieb

Die Anlage Typ HU-V-002 darf nur betrieben werden, wenn alle Schutzeinrichtungen voll funktionsfähig sind. Vor dem Einschalten der Anlage bzw. der Einzelfunktionsgruppen ist sicherzustellen, dass niemand durch die anlaufende Anlage gefährdet werden kann.

Mindestens einmal pro Schicht ist die Gesamtanlage auf äußerlich erkennbare Schäden und Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen zu prüfen.

2.7 Gefahren und elektrische Energie

Arbeiten an der elektrischen Solaranlage dürfen nur von einer Elektrofachkraft ausgeführt werden. Die elektrische Ausrüstung der Gesamtanlage ist regelmäßig zu überprüfen. Lose Verbindungen und z. B. angeschmorte Kabel sind sofort zu beseitigen. Vor Arbeiten an einzelnen Geräten sind diese von der elektrischen Stromversorgung zu trennen.

2.8 Besondere Gefahrenstellen

- Verletzungsgefahr
- durch rotierende Teile,
- durch manuellen Eingriff in den Rührer,
- durch unerwartetes Anlaufen des Rührers oder einzelner Funktionsgruppen,
- durch unwuchtig laufenden Rührer oder Ventilatoren.
- Verletzungsgefahr durch elektrischen Strom oder nicht betriebssichere oder defekte Überstromschaltung.
- Verletzungsgefahr durch Hineinfassen bei sich drehender Welle.
- Verletzungsgefahr durch unsachgemäßen Umgang mit der Fe-III-CI-Pumpe und dem Leitungssystem.
- Verletzungsgefahr bei unsachgemäßer Handhabung, z. B. beim Wechsel der Fe-III-CI-Vorlage.

2.9 Sicherheitsvorrichtungen

- Überstromauslöser
- Der Überstromauslöser der einzelnen Geräte muss auf die gemäß dem Typenschild angegebene Nennstromstärke (Ampere) eingestellt werden.
- Schutzerdung der einzelnen Geräte bzw. Funktionsgruppen:
- Die einzelnen Geräte müssen genullt bzw. geerdet sein

Die genannten Schutzvorrichtungen müssen stets angebracht und in ordnungsgemäßem Zustand sein. Ein Betrieb der Einzelgeräte bzw. Funktionsgruppen ohne oder mit fehlerhaften Schutzvorrichtungen bedingt das Risiko von Betriebsunfällen.

2.10 Wartung und Instandhaltung

Regelmäßige Wartung und Instandhaltung verlängern die Lebensdauer der Gesamtanlage und minimieren Funktionsstörungen.

Die vorgeschriebene Wartungs- und Instandhaltungsvorschriften entnehmen Sie bitte der beigefügten Wartungsanleitung.

2.11 Bauliche Veränderungen an der Anlage Typ HU-V-002

Ohne Genehmigung dürfen keine Veränderungen, An- oder Umbauten an der Anlage oder einzelner Geräte vorgenommen werden. Dies gilt auch für das Schweißen an tragenden Teilen.

Alle Umbaumaßnahmen bedürfen einer schriftlichen Bestätigung. Anlagenteile, die nicht in einem einwandfreien Zustand sind, sind sofort auszutauschen. Nur Originalersatz- und Verschleißteile sind zu verwenden. Bei fremdbezogenen Teilen ist nicht gewährleistet, dass sie beanspruchungs- und sicherheitsgerecht konstruiert und gefertigt sind.

2.12 Reinigen der Anlage Typ HU-V-002

Verwendete Stoffe und Materialien sind sachgerecht zu handhaben und zu entsorgen, insbesondere beim Reinigen mit Lösungsmitteln.

2.13 Lärm der Anlage Typ HU-V-002

Der von der Anlage ausgehende Dauerschalldruckpegel beträgt < 75 dB (A).
Abhängig von den örtlichen Bedingungen kann ein höherer Schalldruckpegel entstehen, der Lärm-schwerhörigkeit verursachen kann. In diesem Fall ist das Bedienpersonal mit entsprechenden Schutzausrüstungen oder Schutzmaßnahmen abzusichern.

3. Transport und Lagerung Niederenergiegärrest-Aufbereitungsanlage, Typ HU-V-002

Schützen Sie beim Auspacken, bei jeglichem Transport und bei der Montage von Einzelgeräten wie z. B. Reaktoren, Rohrleitungen, Wellen oder anderen Ersatzteilen, diese vor Schlag, Stoß und mechanischer Beanspruchung.

Hebewerkzeuge dürfen nur an den zugelassenen Stellen angebracht werden.

Verwenden Sie zum Transport immer nur geeignete Anschlagmittel, z. B. an den Transportösen. Beim Herausnehmen von Antrieben aus den Wellen muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Lagerwellen nicht verbogen werden.

3.1 Einlagerung von Anlagenteilen

Bei der Lagerung von Anlagenteilen über längere Zeit ist Folgendes zu beachten:

- nur in trockenen, temperierten Räumen lagern (maximale Luftfeuchtigkeit < 95 %, minimale
- Temperatur > - 15)
- zur Lagerung geeignete Verpackung z. B. Schutzfolie wählen.

Obwohl die meisten korrosionsgefährdeten Antriebselemente aus nichtrostenden Stählen, verchromten oder verzinkten Stählen, bzw. aus Kunststoffen hergestellt oder mit einem schützenden Farbanstrich versehen sind, müssen die Einzelaggregate nach längerer Lagerzeit auf Zeichen von Korrosion untersucht werden.

Ein besonderes Augenmerk ist auf den Zustand der folgenden Teile zu legen:

- die Antriebe
- die Klemmkästen der Motoren
- die Wellen im Bereich der Dichtung
- die elektrischen Kabelverbindungen

Stück- bzw. AKZ-Liste zur Niederenergiegärresteaufbereitungsanlage Typ HU-V-002
Förderkennzeichen Nr. 02 WA 1175 Inhand

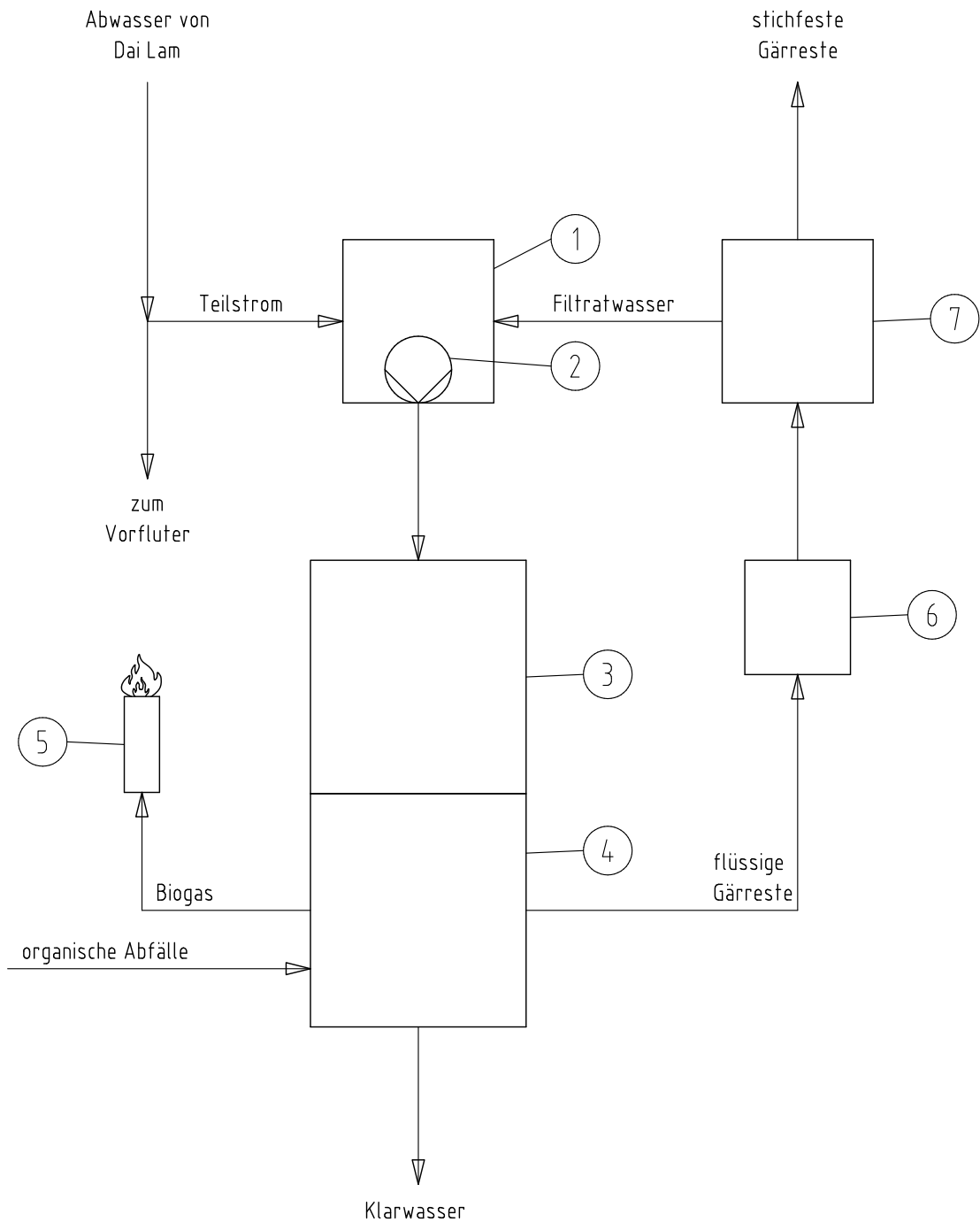
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Typ	Größe / Nennweite	Material	Bemerkung	elektrischer Anschluss		
							[W]	[V]	[A]
1		Gärreste-Förderung							
GF1.1	1	Homogenisator	IBC	1000 Liter	PE-HD				
GF1.2	1	Rührer	SIMIX Typ SRGMKV-90/4				1100	230	3,6
GF1.3	1	Niveauschalter	Stübbe NIS 1		PP				
GF1.4	1	Schwimmerschalter							
GF1.5	5m	Saugschlauch		Innen-Ø 20mm	PVC				
GF1.6	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
GF1.7	1	Reduzierung		1"IG / 3/4"AG	MS				
GF1.8	1	Impelerpumpe	Unistar 2000 A	3/4"-AG		1-phasig / 230 V	370	230	3,2
GF1.9	1	Reduzierung		1"IG / 3/4"AG	MS				
GF1.10	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
GF1.12	2m	PVC-Gewebes Schlauch		Innen-Ø 25mm	PVC				
GF1.13	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	PVC				
GF1.14	1	T-Stück		d32	PVC				
GF1.15	1	Reduzierung		d32-1/2"	PVC	Anschluss Fe-III-Cl-Dosierung			
GF1.16	1	Kugelhahn		d32	PVC				
GF1.17	1	Deckelfass		120 Liter	PE-HD	Gehäuse für Rohrreaktor I+II			
GF1.18	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	PVC				
GF1.19	12m	PVC-Gewebes Schlauch		1" / Øi= 25mm	PVC	Rohrreaktor I			
GF1.20	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
GF1.21	1	Winkel 90°		1"-IG/AG	MS				
GF1.22	1	T-Stück		1"	MS				
GF1.23	1	Reduzierung		1"-1/2"	MS	Anschluss FHM-Dosierung			
GF1.24	1	Verschraubung		1" AG/AG	MS				
GF1.25	1	Winkel 90°		1"-IG/AG	MS				
GF1.26	1	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
GF1.27	12m	PVC-Gewebes Schlauch		1" / Øi= 25mm	PVC	Rohrreaktor II			
GF1.28	2	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
GF1.29	1	T-Stück		1"	MS				
GF1.30	2	Winkel 90°		1"-IG/AG	MS				
GF1.31	1	Doppelnippel		1"	MS				
GF1.32	2	Kugelhahn		1"	MS				
GF1.33	4	Schlauchtülle		1"-AG / 25mm	MS				
2		Eisen-III-Chlorid Dosierung							
DFe2.1	1	Fußventil 6x8	6x8 mm	1/2"	PVC				
DFe2.2	1	Vorlagebehälter	FD-A140	140 Liter	PE-HD				
DFe2.3	5m	Dosierschlauch		6x8 mm	LD-PE				
DFe2.4	1	Dosierpumpe	Prominent Gamma/L Typ GALa 0220			max. 20 l/h	17	230	0,5
DFe2.5	1	Dosierarmatur	1 VC	6x8 mm	PVC				

Stück- bzw. AKZ-Liste zur Niederenergiegärresteaufbereitungsanlage Typ HU-V-002
Förderkennzeichen Nr. 02 WA 1175 Inhand

Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Typ	Größe / Nennweite	Material	Bemerkung	elektrischer Anschluss		
							[W]	[V]	[A]
3	FHM-Dosierung								
DFM3.1	1	Vorlagebehälter	FD-A200	200 Liter	PE-HD				
DFM3.2	1	Fußventil 9x12			PVC				
DFM3.3	1	Sauglanze			PVC				
DFM3.4	1	Rührwerk	Typ AF			Welle PVC/PP	180	230	1,18
DFM3.5	1	Dosierpumpe	Vario VAMc 10016				70	230	0,2
DFM3.6	1	Dosierarmatur	2 VC	9x12 mm	PVC				
4	Gärreste-Trocknung								
GT4.1	1	Gefahrstoff-Depots	Typ 2 P2-S		Stahl	1350x950x1400 mm [L xBxH] Gewicht ca. 100 kg			
GT4.2	2	Sackhalterung		Ø 450mm, h=800mm	VA	2 Lochblech-Halbschalen mit Spannring			
GT4.3	2	Niveauschalter	Stübbe NIS 1			24V DC			
GT4.4	2	Radial-Rohrventilator	Helios RR 100 A			1-phasig	41	230	0,18
GT4.5	1	Wärmetauscher		1/2"		Kompakt-Heizkörper			
GT4.6	1	Thermometer		1/2"					
GT4.7	19	Filtersack	PP-Spezial	1200x 700 mm	PP				
5	Thermosolaranlage								
TS5.1	1	Verschraubung		1/2"-AG / 1/2"-IG	MS				
TS5.2	1	Umwälzpumpe	Grundfos UP 15-14	1/2"			8	230	0,19
TS5.3	1	Verschraubung		1/2"-AG / 1/2"-IG	MS				
TS5.4	1	Winkel 90°		1/2"-AG / 1/2"-IG	MS				
TS5.5	1	Kugelhahn		1/2"	MS				
TS5.6	1	Doppelnippel		1/2"	MS				
TS5.7	1	T-Stück		1/2"	MS				
TS5.8	1	Reduzierung		1/2"-1/4"	MS				
TS5.9	1	Manometer		1/4"		-1 bis 5 bar			
TS5.10	1	Durchflußmesser		1/2"		Qn 1,5			
TS5.11	1	T-Stück		1/2"	MS				
TS5.12	1	Doppelnippel		1/2"	MS				
TS5.13	1	Kugelhahn		1/2"	MS				
TS5.14	1	Schlauchtülle		1/2" / Ø13mm	MS				
TS5.15	5m	Schlauch		1/2" / Øi=13	Gummi				
TS5.16	1	Schlauchtülle		1/2" / Ø13mm	MS				
TS5.17	1	Reduzierung		3/4"-1/2"	MS				
TS5.18	1	Solarkollektor							
TS5.19	1	Reduzierung		3/4"-1/2"	MS				
TS5.20	1	Doppelnippel		1/2"	MS				
TS5.21	1	Sicherheitseckventil		3/4"-1/2"	MS	6 bar			
TS5.22	1	Doppelnippel		1/2"	MS				


Stück- bzw. AKZ-Liste zur Niederenergiegärresteaufbereitungsanlage Typ HU-V-002
Förderkennzeichen Nr. 02 WA 1175 Inhand

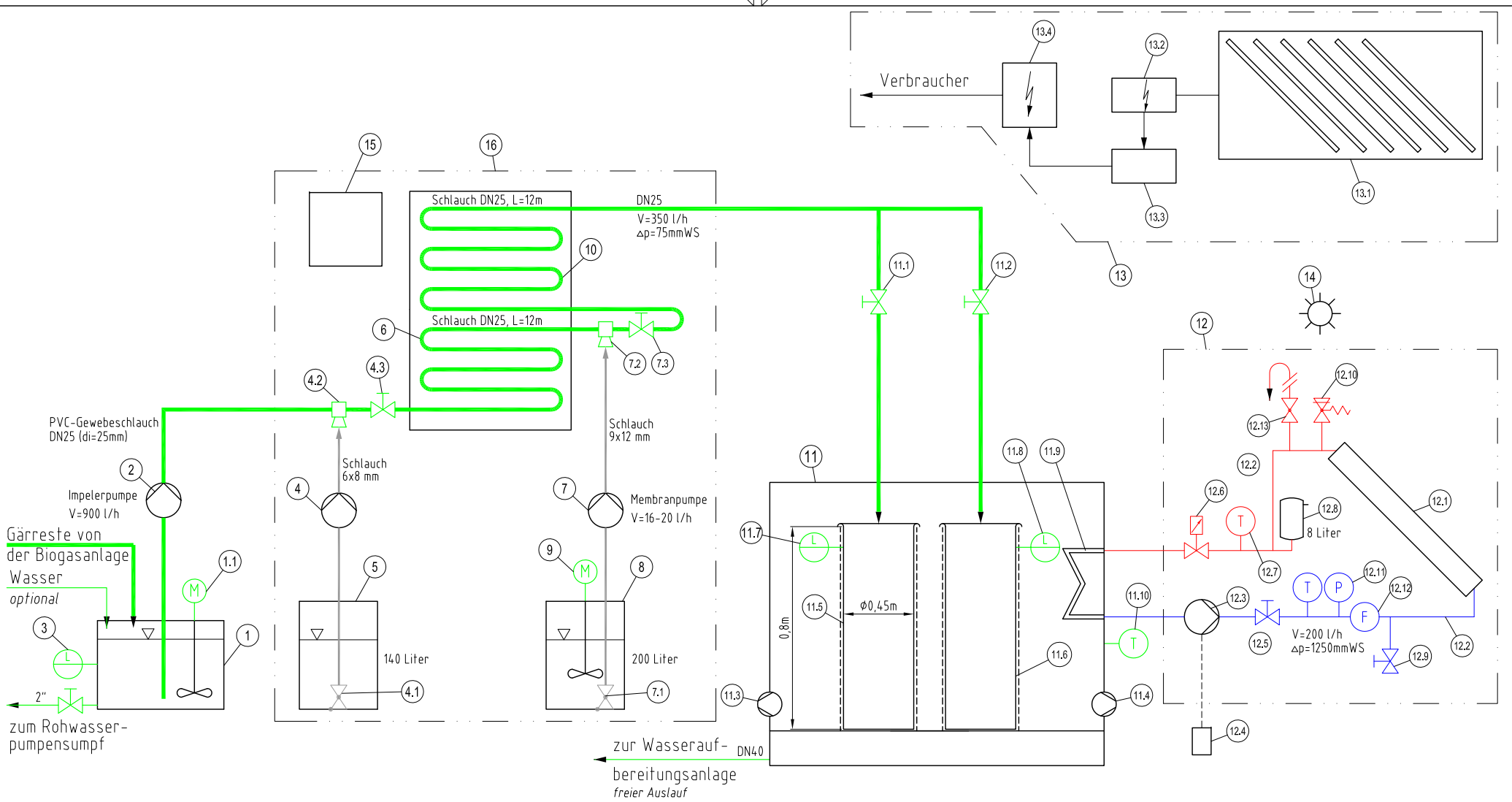
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Typ	Größe / Nennweite	Material	Bemerkung	elektrischer Anschluss		
							[W]	[V]	[A]
TS5.23	1	T-Stück		1/2"	MS				
TS5.24	1	Entlüftungsventil		1/2"	MS				
TS5.25	1	Schlauchtülle		1/2" / Ø13mm	MS				
TS5.26	5m	Schlauch		1/2" / Øi=13	Gummi				
TS5.27	1	Schlauchtülle		1/2" / Ø13mm	MS				
TS5.28	1	T-Stück		1/2"	MS				
TS5.29	1	Ausdehnungsgefäß	Flamco Flexcon-Top	8 Liter					
TS5.30	1	Winkel 90°		1/2"	MS				
TS5.31	1	T-Stück		1/2"	MS				
TS5.32	1	Thermometer		1/2"					
TS5.33	1	Doppelnippel		1/2"	MS				
TS5.34	1	Thermostat		1/2"	MS				
TS5.35	1	Solkolektor	Braun TINOX 2.1			1988x1041x90 mm; Gewicht 37 kg			
6	Photovoltaikanlage								
PV6.1	6	Solar-Generator	Sopray 195			1580x808x35 mm; weight 15,5 kg	195	45	5,68
PV6.2	1	Solarregler	Westech MPPT45				1170	24	45
PV6.3	1	Wechselrichter	Phoenix C 24/1600				1600	24	66
PV6.4	6	Gel-Batterien	AGM-Gel Ultracell UCG 200 AH			525x243x245mm (LxBxH); Gewicht 63 kg		12	20




- 1 Pumpensumpf mit Siebeinrichtung
- 2 Tauchpumpe
- 3 SPR-Reaktor
- 4 Fermentationsreaktor

- 5 Fackel
- 6 Homogenisator
- 7 Gärresteaufbereitungsanlage

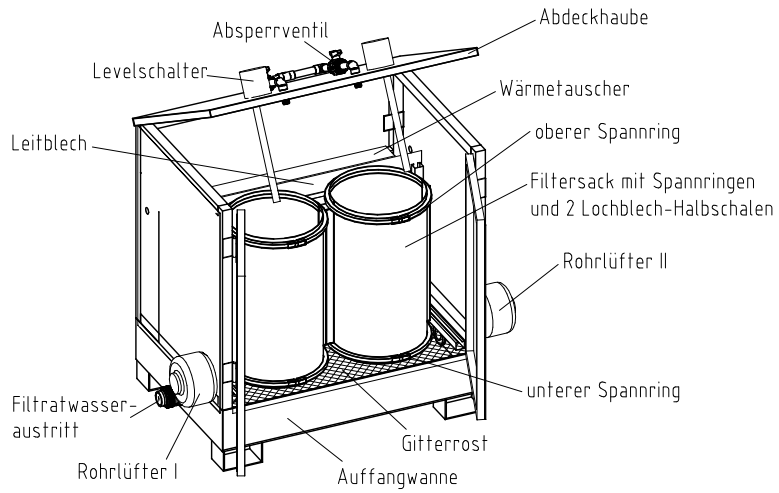
Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärrestee entwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305a D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 199 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Blockschaltbild der gesamten Pilotanlage zur Abwasserbehandlung, Biogasgewinnung und Gärresteaufbereitung					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Bild 1
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		



- | | | | |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|
| 1 Homogenisator | 7.3 Mischventil II | 11.9 Wärmetauscher | 12.10 Überdruckventil |
| 1.1 Rührer | 8 Vorlagebehälter II | 11.10 Temperaturanzeige | 12.11 Manometer |
| 2 Impelpumpe | 9 Rührer | 12.12 Durchflußmesser | 12.13 Entlüftungsventil |
| 3 Niveau-Schalter | 10 Rohrreaktor II | 12.1 Sonnenkollektor | 13 Photovoltaikanlage |
| 4 Membran-Dosierpumpe | 11 Gärresteeinwässerungsanlage | 12.2 Rohrleitung zwischen Wärmetauscher und 12 | 13.1 Solarpanel (6 Stück) |
| 4.1 Fußventil | 11.1 Absperrventil I | 12.3 Pumpe | 13.2 Solarladeregler |
| 4.2 Dosierarmatur I | 11.2 Absperrventil II | 12.4 Dämmerungsschalter | 13.3 Gel-Akkumulatoren (4 Stück) |
| 4.3 Mischventil I | 11.3 Lüfter I | 12.5 Absperrventil | 13.4 Wechselrichter 24V - 230V |
| 5 Vorlagebehälter I | 11.4 Lüfter II | 12.6 Temperaturregler | 14 Beleuchtung |
| 6 Rohrreaktor I | 11.5 Entwässerungsfilter I mit Stütze | 12.7 Temperaturanzeige | 15 Elektrischer Schaltschrank |
| 7 Membran-Dosierpumpe | 11.6 Entwässerungsfilter II mit Stütze | 12.8 Ausdehnungsgefäß | 16 Container |
| 7.1 Fußventil | 11.7 Niveau-Schalter | 12.9 Befüll- und Entleerungsventil | |
| 7.2 Dosierarmatur II | 11.8 Niveau-Schalter | | |

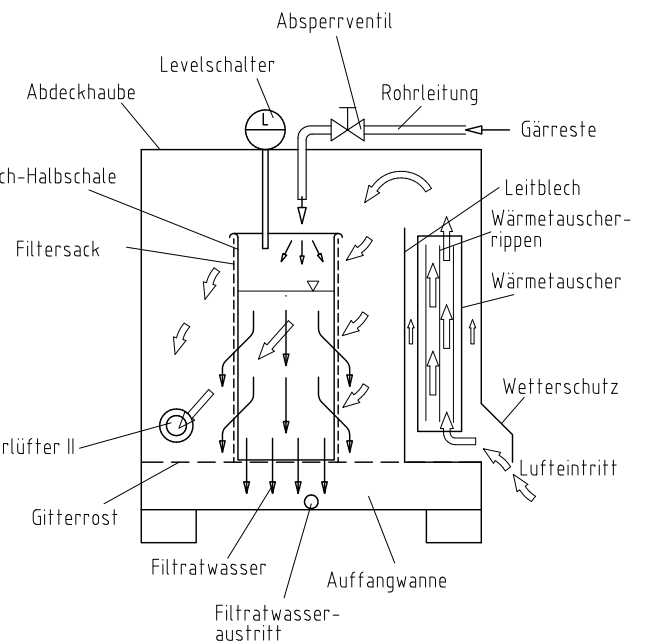
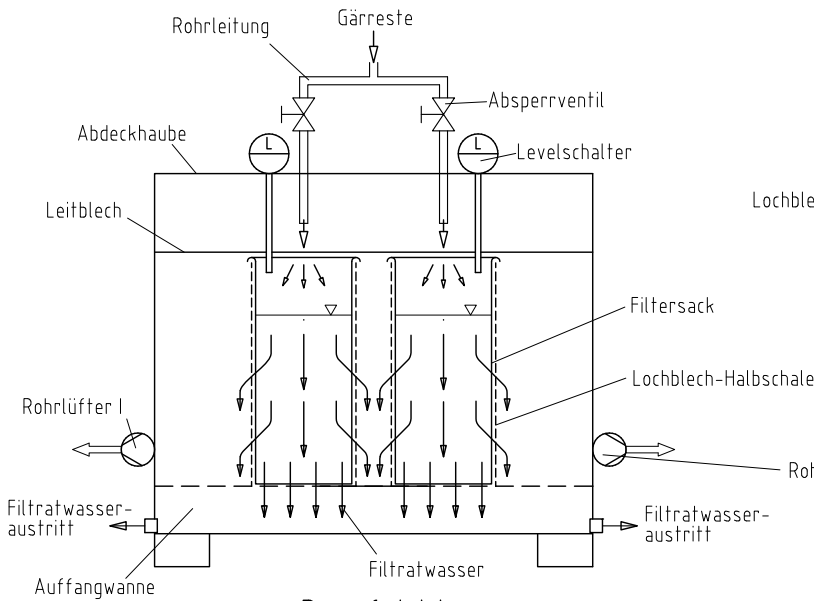
Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärresteeinwässerung		
		Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		
Bezeichnung		Verfahrensfliessbild Niederenergie-gärresteeinwässerungsanlage		
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeitet	Dr. Fechter
	geändert		Datei	
				Zeichnung
				Bild 2

HERBST Umwelttechnik GmbH
 Goerzallee 305a
 D-14167 Berlin - Germany
 Fon +49 30 847 18 - 300
 Fax +49 30 847 18 - 399
 e-mail info@herbstumwelt.de

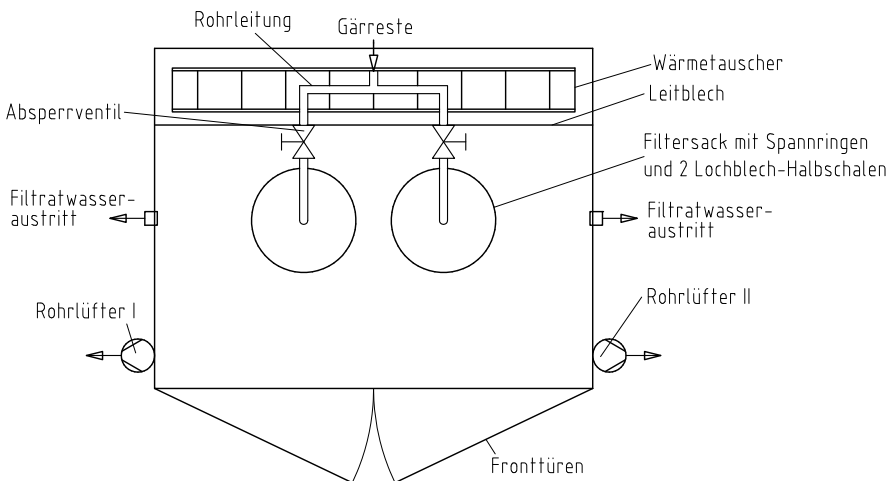


Frontansicht

Seitenansicht



Draufsicht
ohne Abdeckhaube



Förderkennzeichen

Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung
Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11

Bezeichnung

Aufbau der gravimetrischen
Filtersackentwässerungsanlage

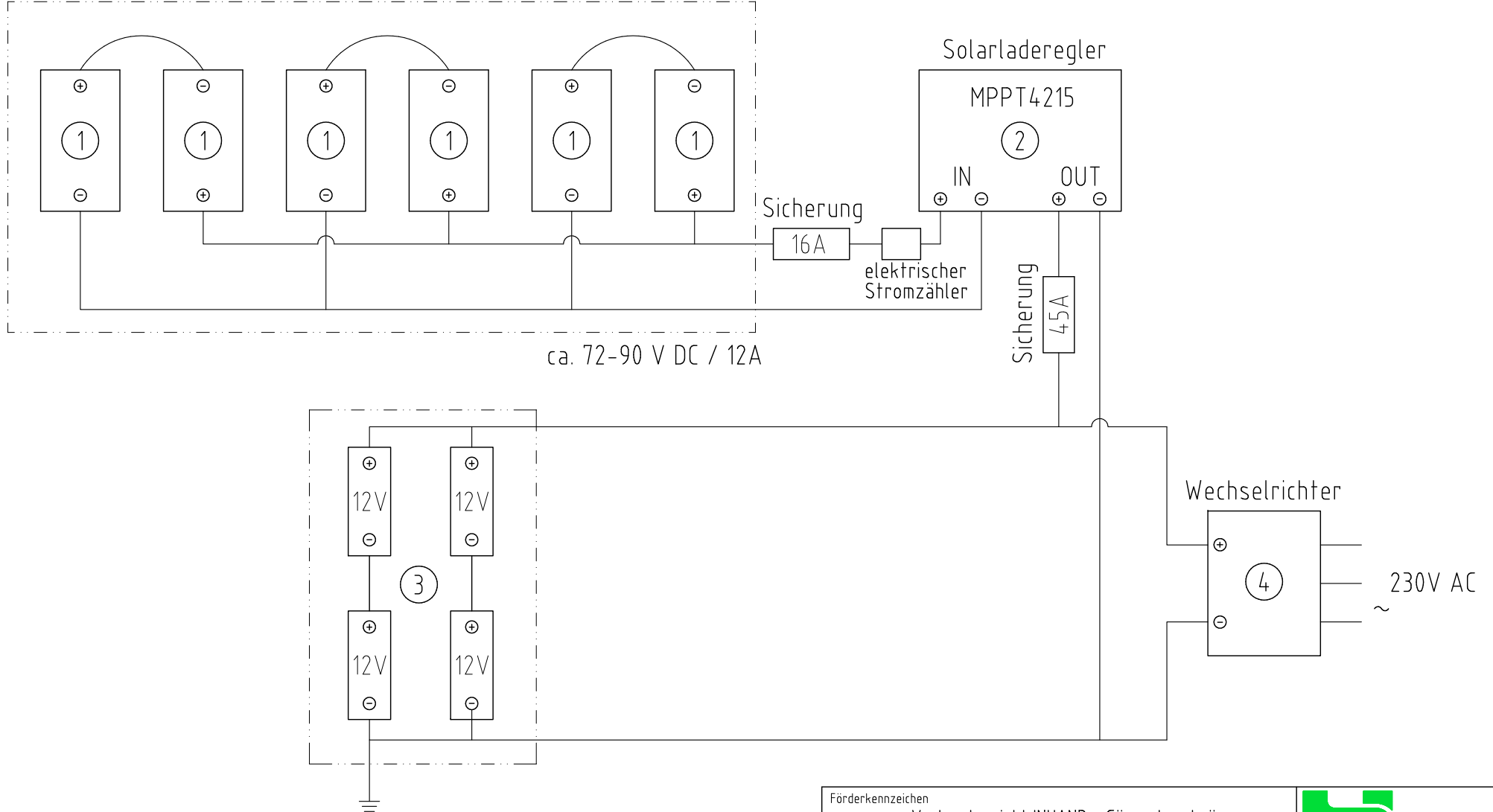


Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	

Zeichnung

Bild 3

Solar-Generator - 6x Sopray 195

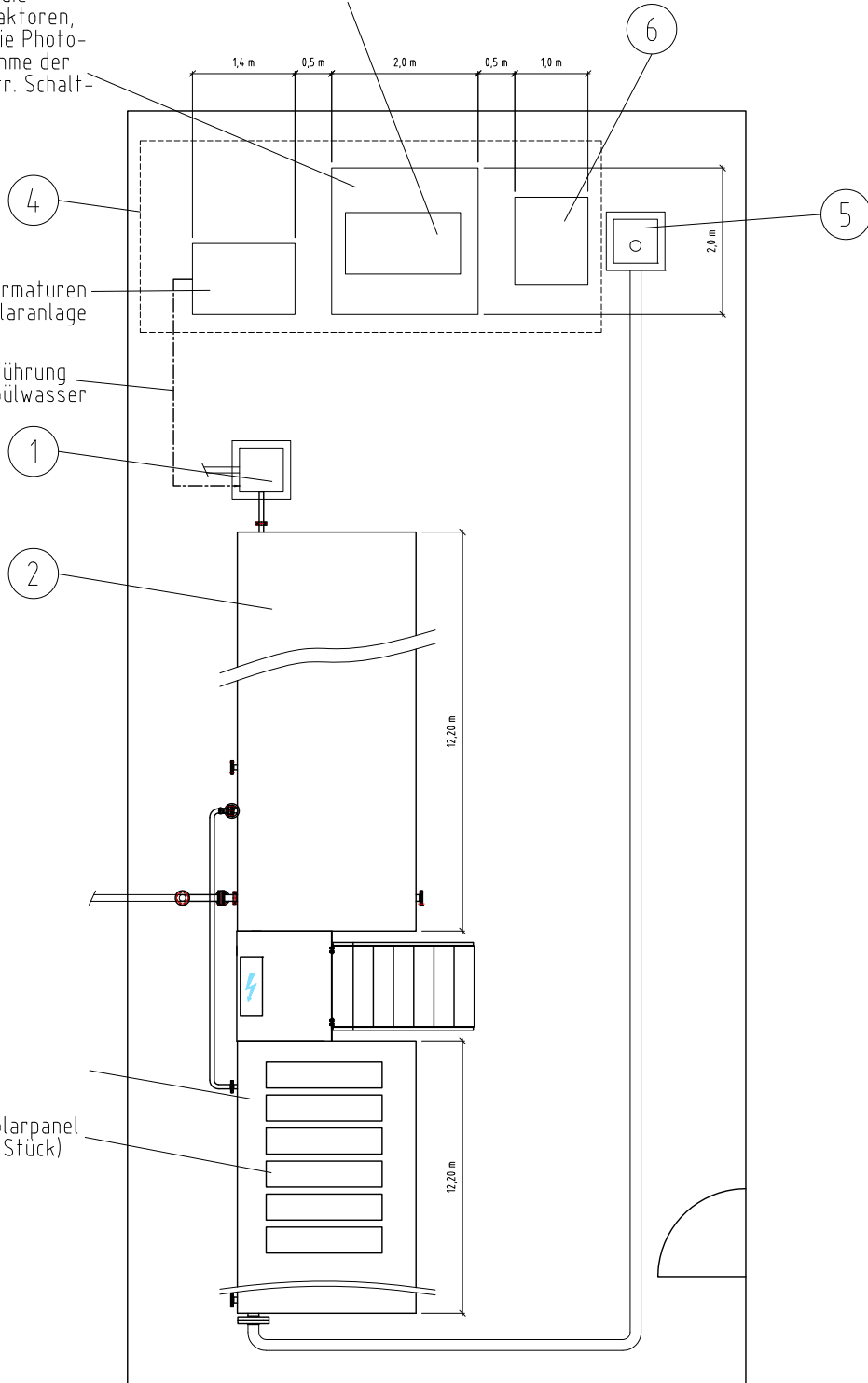


- ① Solarpanel
- ② Laderegler
- ③ Akkumulatoren
- ④ Wechselrichter

Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305a D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de		
Bezeichnung		Schaltplan der Photovoltaik-Anlage				
Maßstab	ohne	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung
Einheit	ohne	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
		geändert	24.05.2012	Datei		

Materialcontainer in dem die Dosieranlage, die Rohrreaktoren, die Impelerpumpe sowie die Photovoltaikanlage, mit Ausnahme der Solarpanel, und der elektr. Schaltschrank installiert sind

Adsorber der Thermosolaranlage, auf dem Dach des Materialcontainers montiert




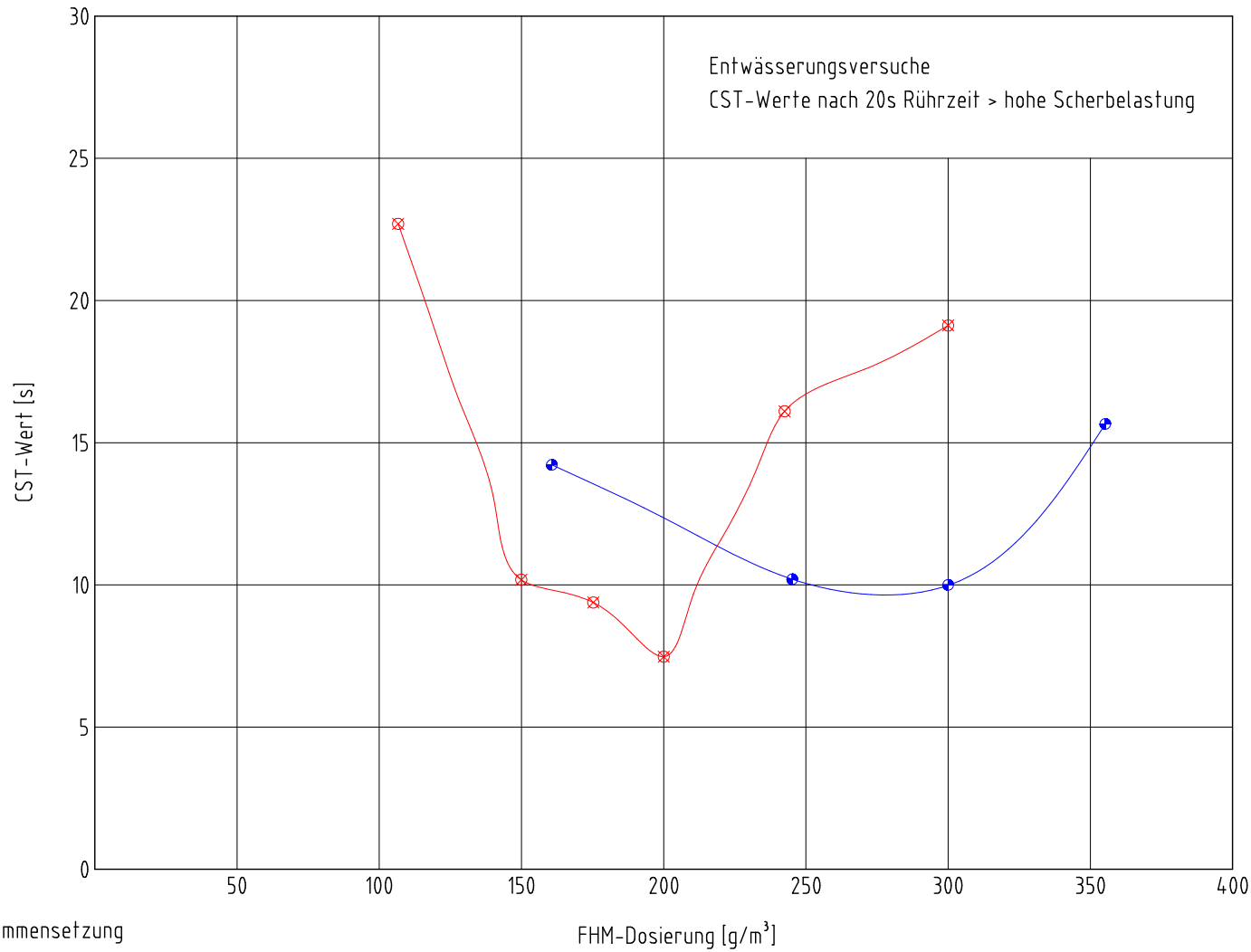
Kompakt-Container mit Sackentwässerung und Armaturen und Pumpe der Thermosolaranlage

Rohrleitung für die Rückführung von Filtratwasser und Spülwasser

Solarpanel
(6 Stück)

- ① Rohwasserpumpensumpf mit Siebeinrichtung
- ② Abwasserreinigungsanlage der Fa. VIS
- ③ Biogasanlage der Fa. VIS
- ④ Niedergärreistaufbereitungsanlage
- ⑤ Pumpensumpf für die Gärreste
- ⑥ Homogenisator


Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärreesteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305a D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		Aufstellung der Niederenergie- gärreistaufbereitungsanlage		
Maßstab ohne	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit ohne	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	
Zeichnung				Bild 5

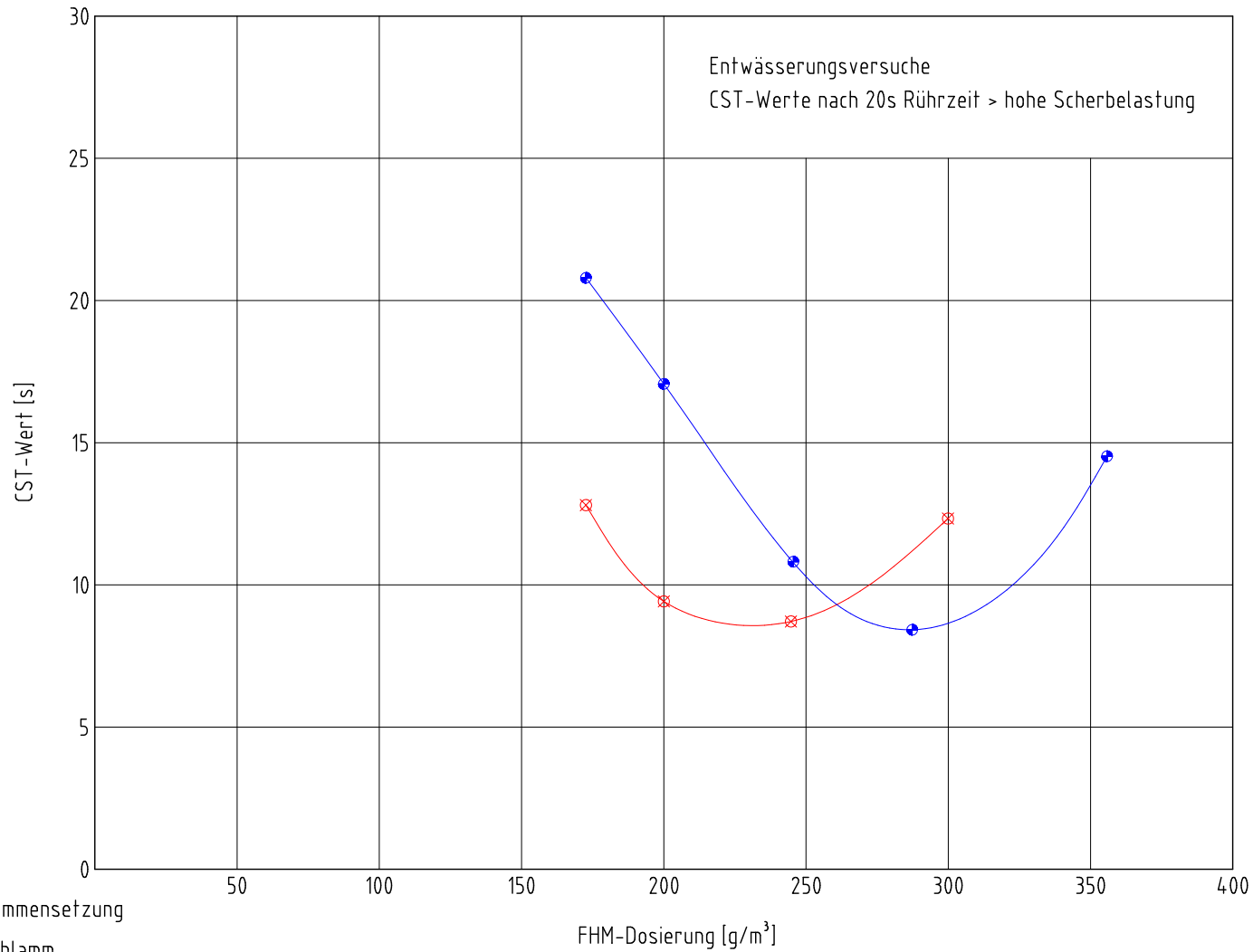


● Superfloc® E 4583
 × Superfloc® E 4584

Substratzusammensetzung
 25% Belebtschlamm
 75% Schweinegülle

FHM = Flockungshilfsmittel
 CST = Capillary suction time


Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmittel- dosierung bei einer Substratzusammensetzung von 25% Belebtschlamm und 75% Schweinegülle		
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	
Zeichnung				Bild 6

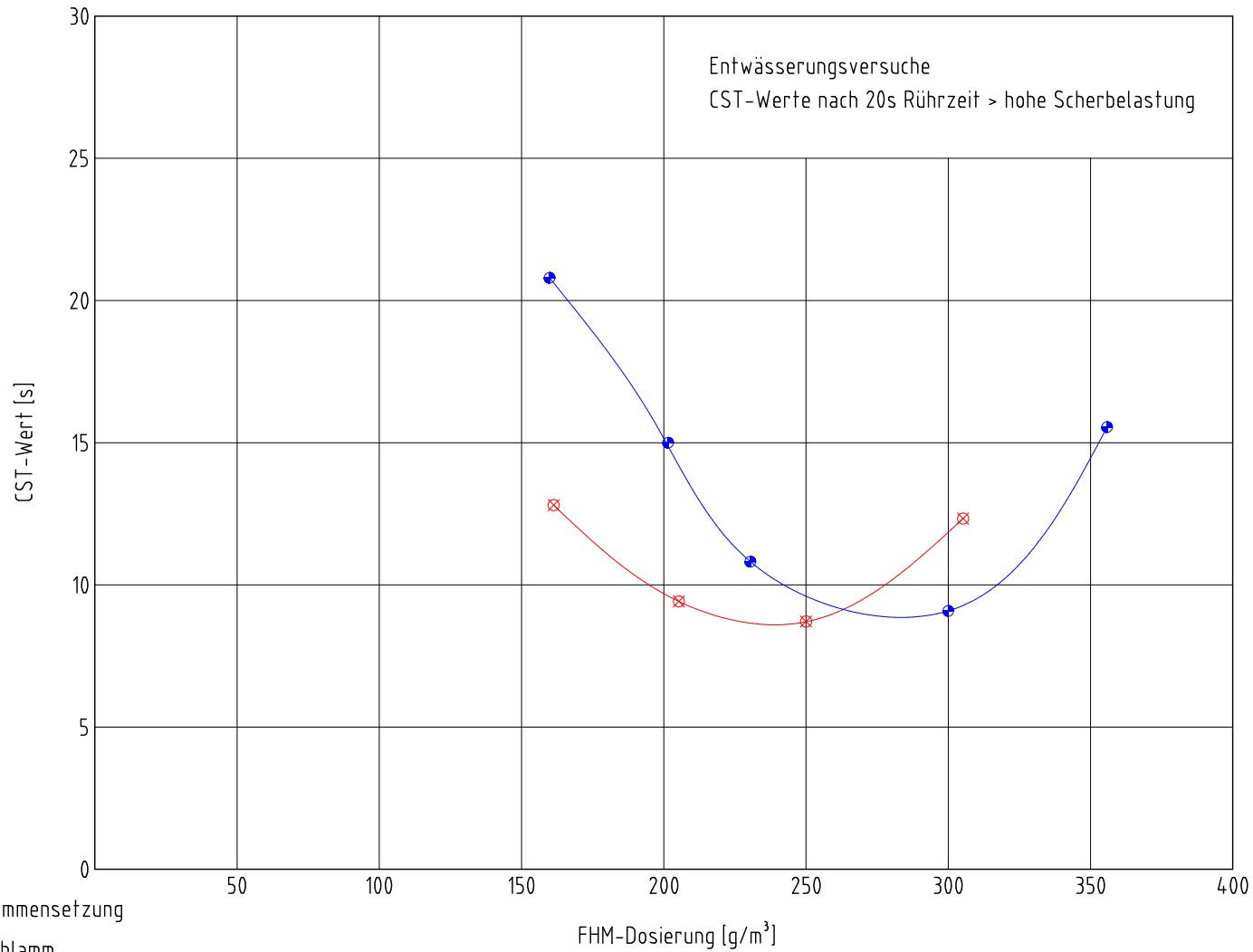


—●— Superfloc® E 4583
—⊗— Superfloc® E 4584

Substratzusammensetzung
50% Belebtschlamm
50% Schweinegülle

FHM = Flockungshilfsmittel
CST = Capillary suction time

Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmittel- dosierung bei einer Substratzusammensetzung von 50% Belebtschlamm und 50% Schweinegülle		
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	
				Zeichnung
				Bild 7




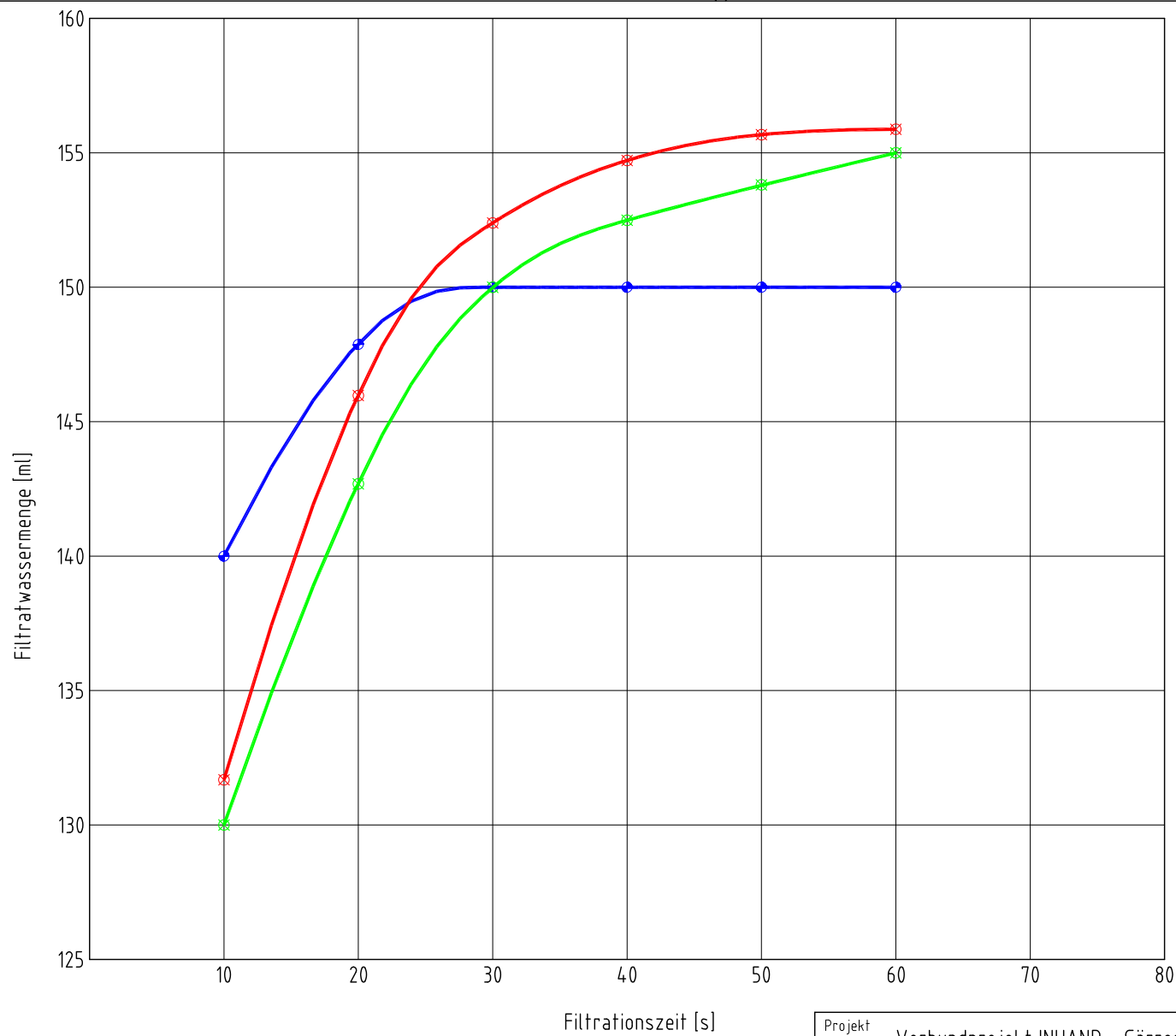
Substratzusammensetzung

75% Belebtschlamm
25% Schweinegülle

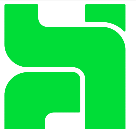
FHM-Dosierung [g/m³]

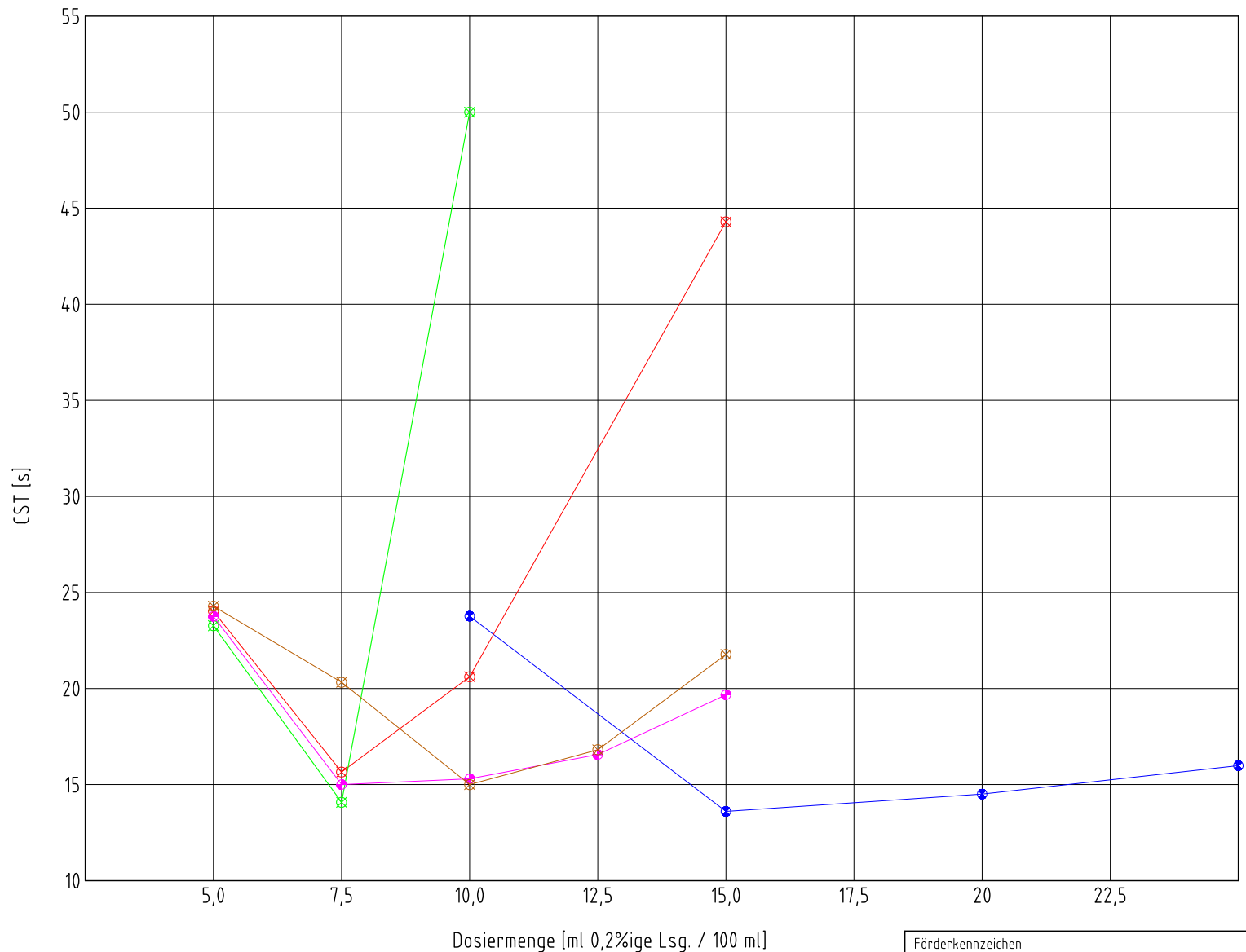
FHM = Flockungshilfsmittel
CST = Capillary suction time

Förderkennzeichen		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11		 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		CST-Wert in Abhängigkeit von der Flockungsmittel- dosierung bei einer Substratzusammensetzung von 75% Belebtschlamm und 25% Schweinegülle		
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	
				Zeichnung
				Bild 8



- GoFloc® V 704
- Superfloc® E 4690
- Superfloc® E 4689

Projekt		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11			 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		Filtratwassermenge pro Zeiteinheit bei der Entwässerung von Überschussschlamm aus einer Kläranlage			
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		



- SD 2064
- C 2250
- C 2260
- E 4583
- E 4584

Förderkennzeichen
 Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung
 Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11

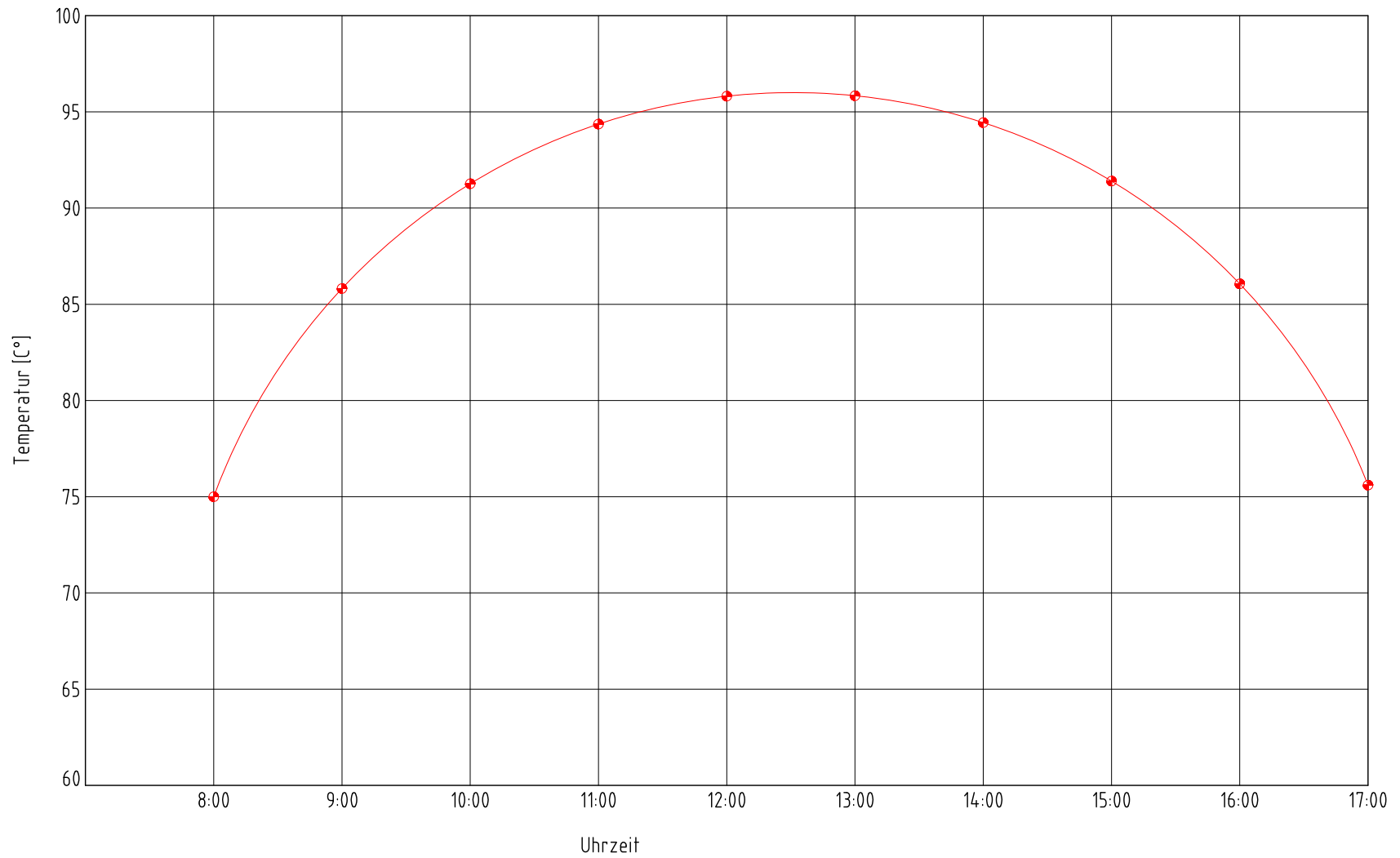
Bezeichnung
 CST-Wert in Abhängigkeit von der Dosiermenge
 bei unterschiedlichen Flockungsmitteln




HERBST Umweltechnik GmbH
 Goerzallee 305e
 D-14167 Berlin - Germany
 Fon +49 30 847 18 - 300
 Fax +49 30 847 18 - 399
 e-mail info@herbstumwelt.de

Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter
	geändert		Datei	

Zeichnung
 Bild 10



Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Mittlere maximale Vorlauftemperatur in der Zeit von 9:00 Uhr bis 17:00 Uhr berechnet aus den Messungen an 5 Tagen im März 2014					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		

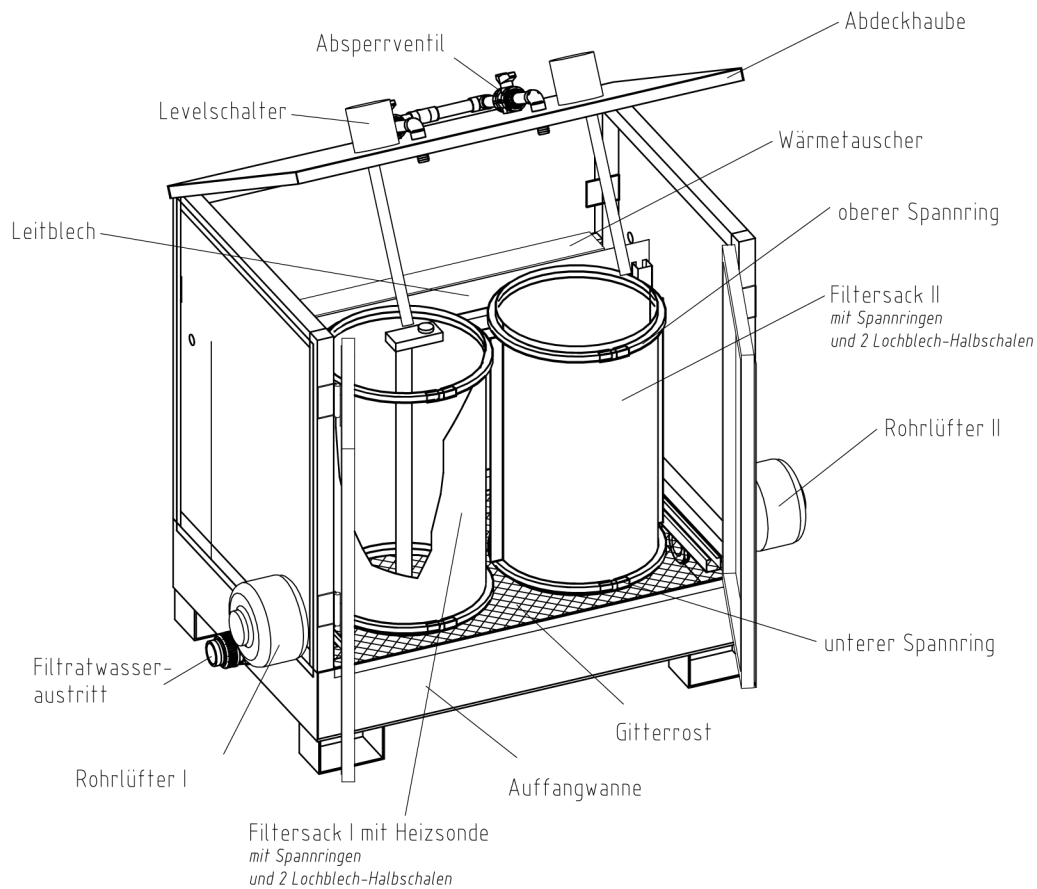

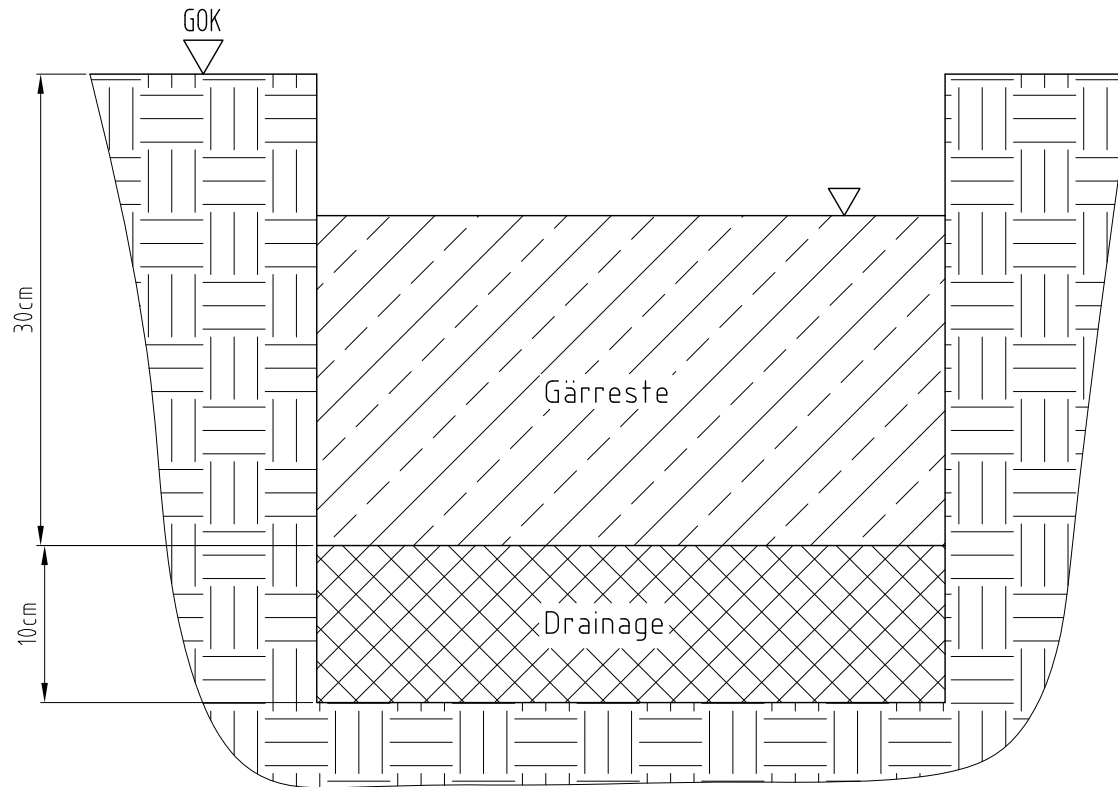


Bild 12a
Filtersack I mit Heizsonde



Bild 12b
Foto der elektr. Heizsonde im Filterrack

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11					 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung Anordnung der elektrischen Heizsonde innerhalb der gravimetrischen Filtersackeinrichtung					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Bild 12
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		



Länge: 40 cm

Breite: 50 cm


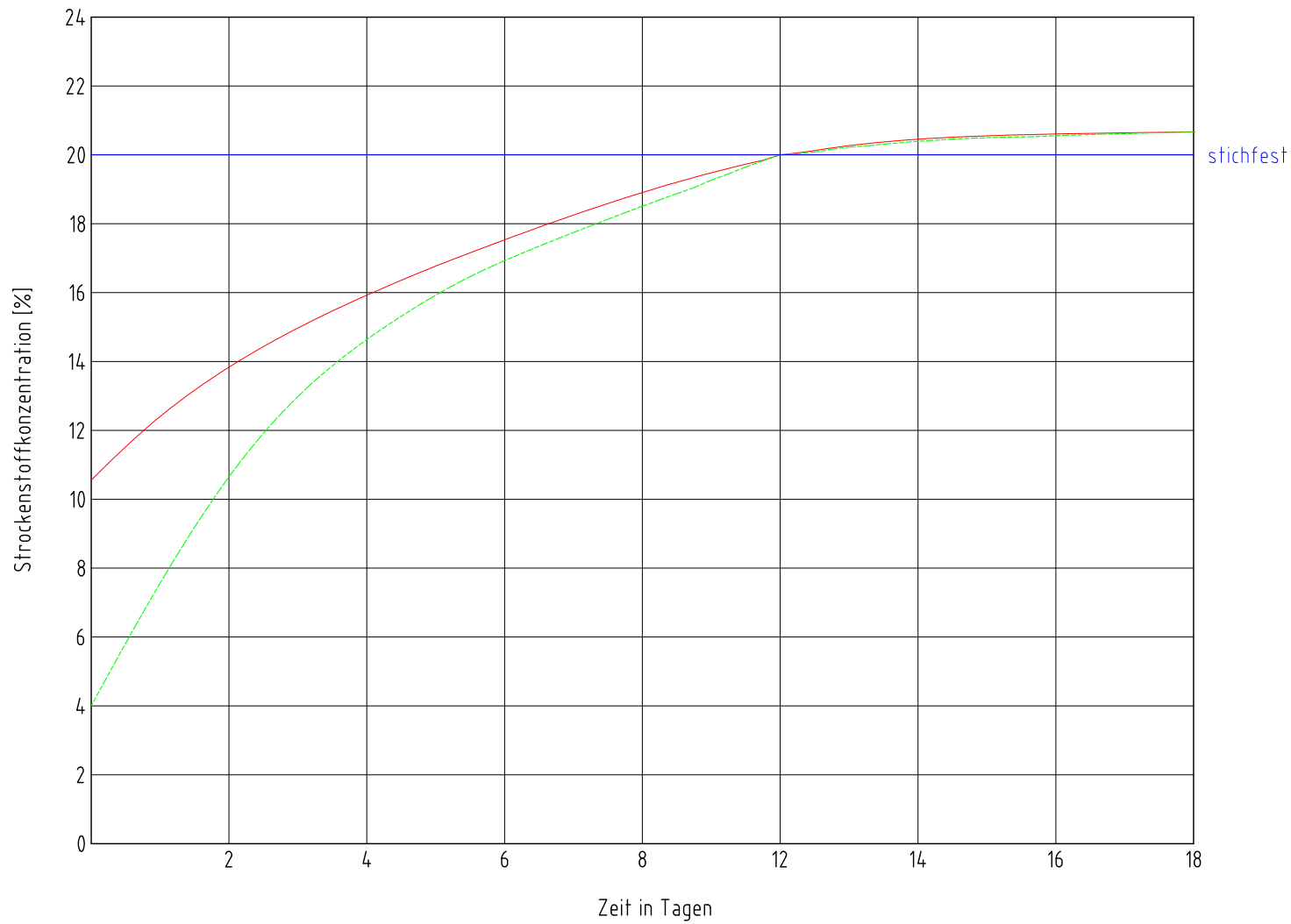

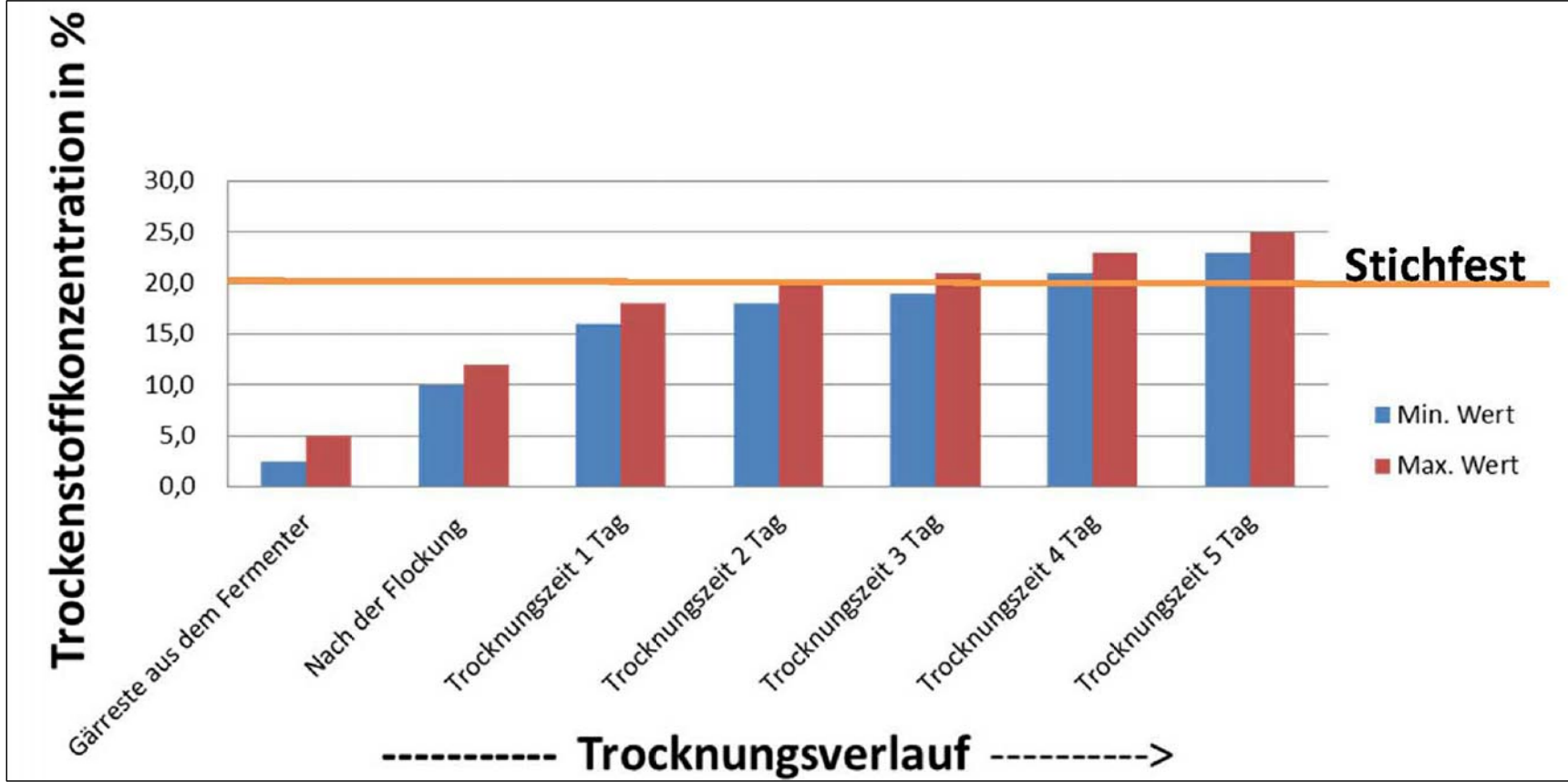

Projekt		Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11			 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung		Aufbau der Erdpolder in Dai Lam (Polder 1 und 2)			
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		

Bild 13




Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Trocknungsverlauf innerhalb des Erdpolders					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		




Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umweltechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Trockenstoffkonzentration der Gärreste in Abhängigkeit vom Aufbereitungsschritt					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Bild 15
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		

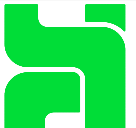
Nr.	Parameter	Kurzform	Einheit	Messmethoden	Messwert			
					Flüssiger Gärrest		Aufbereiteter Gärrest	
					Hinter dem Fermenter		Nach 5 Tagen Trocknungszeit	
Min. Wert	Max. Wert	Min. Wert	Max. Wert					
1	Trockenstoff	TS	%	SMEWW 2540B:2012	2,88	5,78	23,30	25,60
2	Organischer Anteil	oTS	%	SMEWW 2540B:2012	39,80	58,90	35,00	55,40
3	Arsen	As	mg/kgTS	SMEWW 3125:2012 & EPA 3051:1996	3,50	4,90	14,00	29,40
4	Blei	Pb			0,55	1,20	6,50	9,80
5	Cadmium	Cd			0,09	0,55	1,30	2,60
6	Chrom (ges)	Cr			1,11	2,37	5,98	11,98
7	Kupfer	Cu			8,90	19,31	55,90	116,60
8	Nickel	Ni			0,67	4,44	4,83	15,20
9	Quecksilber	Hg			0,01	0,06	0,65	0,71
10	Zink	Zn			28,40	35,50	134,00	223,50

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11					 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung Minimale und maximale Schwermetallkonzentration in den flüssigen und den aufbereiteten Gärresten in der Zeit von Mai 2013 bis Juli 2014					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Tabelle 1
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		


Nr.	Parameter	Kurzform	Einheit	Messmethoden	Messwert	
					Min. Wert	Max. Wert
Filtratwasser Hinter dem Filtersack						
1	Trockenstoff	TS	%	SMEWW 2540B:2012	0,0100	0,1560
2	Organischer Anteil	oTS	%	SMEWW 2540B:2012	23,1000	35,9000
3	Arsen	As	mg/L	SMEWW 3125:2012 & EPA 3051:1996	3,3700	4,8900
4	Blei	Pb			0,0030	0,0050
5	Cadmium	Cd			0,0002	0,0003
6	Chrom (ges)	Cr			0,0200	0,0300
7	Kupfer	Cu			0,0100	0,0180
8	Nickel	Ni			0,0100	0,0150
9	Quecksilber	Hg			0,0004	0,0005
10	Zink	Zn			0,1300	0,2130

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umweltechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Minimale und maximale Schwermetallkonzentration im Filtratwasser der Gärresteaufbereitungsanlage in der Zeit von Mai 2013 bis Juli 2014					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Tabelle 2
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		


Nr.	Parameter	Kurzform	Einheit	Messmethoden	Messwert			
					Flüssiger Gärrest		Aufbereiteter Gärrest	
					Hinter dem Fermenter		Nach 5 Tagen Trocknungszeit	
					Min. Wert	Max. Wert	Min. Wert	Max. Wert
1	Trockenstoff	TS	%	SMEWW 2540B:2012	2,88	5,78	23,30	25,60
2	Organischer Anteil	oTS	%	SMEWW 2540B:2012	39,80	58,90	35,00	55,40
3	Gesamt Stickstoff	N ges	mg/kg	TCVN 6638:2000	616,60	995,00	3.967,00	6.759,00
4	Gesamt Phosphor	P ges	mg/kg	TCVN 6638:2000	127,80	155,00	242,90	1.311,00
5	Kalium	K	mg/kg	SMEWW 3125:2012 & EPA 3051:1996	107,00	378,00	595,70	1.086,00
6	Schwefel	S	mg/L	Weight Method	5,95	6,77	5,71	8,22

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärresteentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11					 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de
Bezeichnung Minimale und maximale Nährstoffkonzentration in den flüssigen und den aufbereiteten Gärresten in der Zeit von Mai 2013 bis Juli 2014					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Tabelle 3
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		

			Optimales Mengenverhältnis	Flüssige Gärreste	Aufbereitete Gärreste	Filtratwasser
1	Gesamt Stickstoff	N ges	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Gesamt Phosphor	P ges	0,20	0,20	0,10	0,19
3	Kalium	K	0,70	0,30	0,20	0,66

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärreenteewässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Mittlere Zusammenstellung der Nährstoffe innerhalb der flüssigen und der aufbereiteten Gärresten sowie dem Filtratwasser					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Tabelle 4
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		

Nr.	Parameter	Kurzform	Einheit	Messmethoden	Messwert	
					Filtratwasser	
					Min. Wert	Max. Wert
1	Trockenstoff	TS	%	SMEWW 2540B:2012	0,01	0,16
2	Organischer Anteil	oTS	%	SMEWW 2540B:2012	23,10	35,90
3	Gesamt Stickstoff	N ges	mg/L	TCVN 6638:2000	112,30	322,40
4	Gesamt Phosphor	P ges	mg/L	TCVN 6638:2000	9,90	71,10
5	Kalium	K	mg/L	SMEWW 3125:2012 & EPA 3051:1996	98,80	186,00
6	Schwefel	S	mg/L	Weight Method	2,50	3,60

Förderkennzeichen Verbundprojekt INHAND - Gärreteeentwässerung Förderkennzeichen Nr. 02 WA 11				 HERBST Umwelttechnik GmbH Goerzallee 305e D-14167 Berlin - Germany Fon +49 30 847 18 - 300 Fax +49 30 847 18 - 399 e-mail info@herbstumwelt.de	
Bezeichnung Mittlere Zusammenstellung der Nährstoffzusammensetzung bei den flüssigen und aufbereiteten Gärresten sowie dem Filtratwasser in der Zeit von Mai 2013 bis Juli 2014					
Maßstab	Blattgröße	A4 [297x210 mm]	Gezeichnet	Gayda	Zeichnung Tabelle 5
Einheit	Datum	08.06.2015	Bearbeiter	Dr. Fechter	
	geändert		Datei		