

Solarthermische Klärschlamm-trocknung am Standort der Kläranlage Bottrop

Alexander Knake, Lars Günther, Peter Reese, Christian Essing, Emanuel Grün und Torsten Frehmann (Essen)

Zusammenfassung

Die Emschergenossenschaft baut aktuell am Standort der zentralen Schlammbehandlung in Bottrop auf einer Fläche von ca. 61 000 m² die weltweit größte solarthermische Klärschlamm-trocknung. Zukünftig können bis zu 220 000 Mg entwässerte Klärschlämme von Emschergenossenschaft und Lippeverband am Standort getrocknet werden. Als Wendetechnik werden autonome Wenderoboter eingesetzt. Die Abluft wird über ein System aus sauren Wäschern und Biofiltern gereinigt. Durch den Verzicht von fossiler Kohle zur Klärschlammkonditionierung und Heizwertanreicherung können zukünftig ca. 60 000 Mg Kohlendioxid-Emissionen eingespart werden. Die Inbetriebsetzung der Anlage ist, trotz der aktuell schwierigen Situation, nach weniger als zwei Jahren Bauzeit noch für Ende 2020 geplant.

Schlagwörter: Klärschlamm, Trocknung, solar, Kohlendioxid-Emission

DOI: 10.3242/kae2020.07.002

Abstract

Solar thermal sewage sludge drying at the Bottrop sewage treatment plant

The Emschergenossenschaft water management association is in the process of building the world's largest solar thermal sewage sludge drying plant on a 61,000 m² plot of land at its central sludge treatment facility in Bottrop, Germany. The Emschergenossenschaft and Lippeverband water management associations will be able to dry up to 220,000 t of dewatered sewage sludge at the site in the future. Self-propelled turning robots have been selected as the turning technology. Exhaust air is cleaned using a system made up of acidic scrubbers and biofilters. The site will make carbon dioxide emission savings of around 60,000 t in the future by forgoing fossil coal to condition sewage sludge and enrich the calorific value. Despite the challenging situation at the moment, the plant is still slated for commissioning at the end of 2020 after less than two years of construction.

Key Words: sewage sludge, drying, solar, carbon dioxide emissions

1 Einleitung

Die Emschergenossenschaft betreibt am Standort Bottrop eine zentrale Schlammbehandlung (ZSB). Hier werden die Klärschlämme der Großkläranlagen Emschermündung (1,8 Millionen EW), Duisburg Alte Emscher (0,5 Millionen EW), Bottrop (1,3 Millionen EW) sowie einiger Lippeverbandsanlagen entwässert und anschließend thermisch entsorgt. Insgesamt wird der Klärschlamm von umgerechnet ca. 4 Millionen EW behandelt. Dies entspricht einer Menge von jährlich 180 000 Mg entwässertem Klärschlamm.

Bislang erfolgte am Standort eine Konditionierung der Klärschlämme mit Steinkohle, Braunkohle und Polymer. Der Einsatz der Kohlen ist dabei historisch begründet. Aufgrund der Kohleförderung im Emschergebiet gelangte diese jahrzehntelang über den Abwasserpfad in den Zulauf der Kläranlagen. Hierdurch war nicht nur der entsprechende Heizwert zur selbstgängigen Verbrennung des Schlamm-Kohle-Gemisches gesichert, die Kohle hat zusätzlich positive Effekte auf das Entwässerungsergebnis und das Ablöseverhalten der Klärschlämme aus den Membranfilterpressen. Mit dem schrittweisen Ausstieg aus der Kohleförderung veränderte sich sukzessive die Abwasserzulaufqualität zu den Kläranlagen im Revier. Steinkohle

und Braunkohle mussten schließlich als Zuschlagstoffe für die Schlammmentwässerung bezogen werden. Dies erfolgte zunächst regional, später international.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der besonderen Bedeutung von fossilen Brennstoffen lag es nahe, die Schlammbehandlung am Standort Bottrop unter Einbeziehung alternativer Energien zu modernisieren. Zur Verminderung von CO₂-Emissionen und zur Schonung der fossilen Ressourcen soll zukünftig auf die Kohlekonfektionierung des Brennstoffs verzichtet und stattdessen mittels solarthermischer Trocknung der Klärschlamm zur selbstgängigen Verbrennung vorbereitet werden.

Auf der ZSB Bottrop entsteht in diesem Zuge die weltweit größte Anlage dieser Verfahrenstechnik. Die Inbetriebsetzung erfolgt gemäß Zeitplan zum Ende 2020.

2 Verfahrenstechnik der solarthermischen Trocknung am Standort der ZSB Bottrop

Die Konditionierung des Klärschlammes zur Entwässerung in den Membranfilterpressen erfolgt zukünftig nicht mehr mit

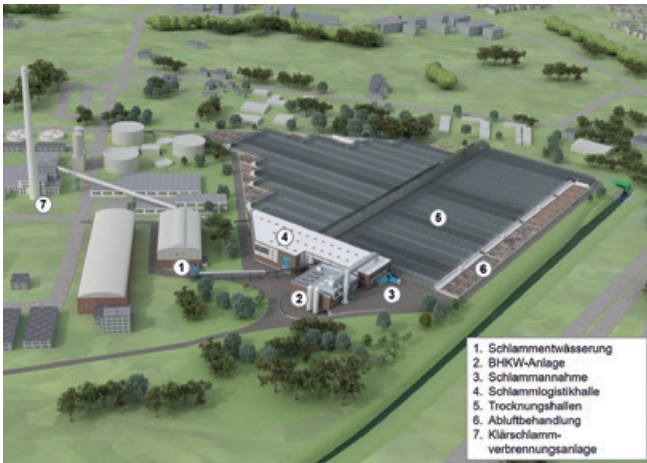


Abb. 1: Schlammbehandlung auf der Kläranlage Bottrop mit solarthermischer Trocknung (Quelle: Emscher-Wassertechnik GmbH)

Stein-, Braunkohle und Polymer, sondern ausschließlich mit Polymeren. Der so zu erreichende Entwässerungsgrad ist in Vorversuchen mit ca. 25 bis 28 % TR bestimmt worden. Der auf der ZSB Bottrop entwässerte Klärschlamm gelangt über Förderbänder aus der Schlammwässerung in die Schlammlogistikhalle der solarthermischen Klärschlamm-trocknung. Hier werden gleichzeitig weitere Schlämme aus den Gebieten von Emschergenossenschaft und Lippeverband angeliefert. In Summe können zukünftig jährlich ca. 220 000 Mg entwässertes Klärschlamm zur Trocknung angenommen werden. In der Schlammlogistikhalle erfolgt die Aufnahme des entwässerten Schlamms von Radladern zur Verteilung in die Trocknungshallen. Abbildung 1 zeigt die Schlammbehandlung auf der Kläranlage Bottrop mit solarthermischer Trocknung.

Auf einer Fläche von insgesamt 61 000 m² sind 32 Trocknungshallen mit einer Fläche von 43 000 m² verbaut. Über einen zentralen Mittelgang mit einer Länge von 243 m sind die Trocknungshallen mit der zentralen Schlammlogistikhalle verbunden und einzeln erschlossen. Die restliche Fläche von 18 000 m² unterteilt sich in ca. 8 500 m² für die Abluftbehandlung, ca. 6 200 m² Verkehrsfläche, 2 500 m² Fläche für Schlammlogistik und rd. 800 m² für eine Werkstatt. Die technischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Anzahl der Trocknungshallen	32
Gesamtfläche der Anlage	61 000 m ²
Effektive Trocknungsfläche	43 000 m ²
Abluftbehandlung	8 500 m ²
Verkehrsfläche	6 200 m ²
Schlammlogistik	2 500 m ²
Werkstatt	800 m ²

Tabelle 1: Dimensionen der solarthermischen Trocknung

Der entwässerte Schlamm kann in den Hallen bis zu einer Höhe von 0,4 m zur Trocknung gestapelt werden. Drei der Hallen sind für Revisionszwecke in der Verbrennung oder auch in anderen Hallen zur Zwischenlagerung von getrockneten Schlämmen genehmigt. Hier können die Schlämme in einer Höhe von bis zu 1,5 m gespeichert werden.

In den Hallen sorgen elektrische Wenderoboter (Abbildungen 2 und 3) für eine stetige Umwälzung des Schlamms. Insgesamt sind 41 elektrische Wenderoboter vorgesehen, wobei in den sieben größten Hallen jeweils zwei Wenderoboter vorgesehen sind. Die übrigen zwei Wenderoboter dienen als Ersatz und kommen im Falle von Störungen oder Ausfällen zum Einsatz.

Der Abtransport der Feuchte aus den Hallen erfolgt über 162 Abluftventilatoren. Der mittlere Luftstrom beträgt bei Vollbelegung aller Hallen ca. 1 400 000 m³/h. Die Abluft wird zunächst in einen sauren Wäscher geleitet. Hier reagiert Ammoniak mit Schwefelsäure, das entstehende Ammoniumsulfat wird aufgefangen. Die Wäscher befeuchten gleichzeitig die Luft für die anschließende Biofilterstufe. Hier erfolgt die Reduzierung der Geruchseinheiten. Insgesamt steht für 32 Hallen eine Netto-Biofilterfläche von ca. 5 300 m² zur Verfügung. Die Filter sind für eine maximale Abluftmenge von ca. 2 100 000 m³/h ausgelegt.

Das Verfahren sieht vor, dass in der Trocknung jährlich ca. 170 000 Mg Klärschlamm auf einen TR zwischen 60 % und 70 % getrocknet werden. Die verbleibenden 52 000 Mg/a entwässertes Klärschlamm werden zukünftig als Teilmenge zur Rückmischung des getrockneten Klärschlammes genutzt. In Abbildung 4 ist die Schlammbilanz dargestellt. Durch die Trocknung reduziert sich der jährliche Klärschlamm-massen-



Abb. 2: Elektrischer Wenderoboter („elektorisches Schwein“ von Fa. Thermo-System) zur Wendung des Klärschlammes im Einsatz (Quelle: Emscher-Wassertechnik GmbH)



Abb. 3: Elektrischer Wenderoboter „Bottrop“ zur Grundsteinlegung der solarthermischen Klärschlamm-trocknung am 31. Oktober 2019 (Quelle: Emschergenossenschaft, Kirsten Neumann)

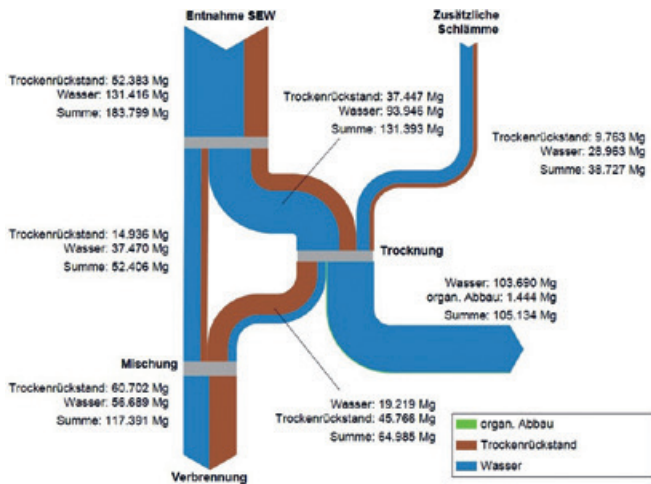


Abb. 4: Bilanz der Schlammengen

strom von ca. 170 000 Mg auf ca. 65 000 Mg. Jährlich werden ca. 103 000 Mg Wasser verdunsten. Der Klärschlammverbrennung werden ca. 117 000 Mg Klärschlamm zugeführt. Die Mengen bestehen aus rd. 52 000 Mg/a entwässerten Klärschlamm, gemischt mit rd. 65 000 Mg/a getrocknetem Klärschlamm.

3 Anbindung an den Wärmeverbund

Da es sich bei der Trocknung um ein solarthermisches Verfahren handelt, wird neben der Solarenergie zusätzlich Wärmeenergie auf Niedertemperaturebene genutzt. Für die Trocknung der anfallenden Klärschlammengen besteht ein zusätzlicher thermischer Wärmebedarf von ca. 145 000 MWh/a. Der zusätzliche thermische Wärmebedarf wird dabei aus dem vorhandenen Dampfturbinenprozess der Klärschlammverbrennungsanlage und einer neu errichteten Erdgas-BHKW-Anlage gewonnen.

Die Besonderheit des Dampfturbinenprozesses der Klärschlammverbrennungsanlage Bottrop besteht in der nutzbaren Kondensatabwärme für den solarthermischen Klärschlamm-trocknungsprozess (Abbildung 5).

Üblicherweise wird im konventionellen Kraftwerksprozess die Kondensatabwärme auf einem Temperaturniveau von ca. 30 bis 40 °C als Entropie über einen Kühler oder Kühlturm an die Umgebungsluft abgegeben. Der Dampfkraftprozess der Klärschlammverbrennungsanlage Bottrop hingegen wurde auf ein Kondensatabwärmenniveau von ca. 65 °C ausgelegt. Für diese speziellen Anforderungen wurde die im Jahr 2017 gebaute Dampfturbine entsprechend ausgelegt. Die Kondensatabwärme kann somit als technisch nutzbarer Wärmestrom für ein Niedertemperaturtrocknungsverfahren eingesetzt werden. Die Dampfturbine der Klärschlammverbrennungsanlage stellt zukünftig ca. 80 000 MWh/a und somit ca. 55 % der benötigten Wärmeenergie für die solarthermische Klärschlamm-trocknung zur Verfügung.

Für die restlichen ca. 65 000 MWh/a wird eine BHKW-Anlage errichtet. Gebaut werden vier Erdgas-BHKW-Module mit einer Wärmeleistung von insgesamt 11,5 MW und einer elektrischen Leistung von ca. 10,7 MW. Für die Wärmezufuhr und -verteilung werden ca. 480 Heizregister und für die Luftzirkulation ca. 500 Ventilatoren, die in Schwenkrahmen montiert sind, in den insgesamt 32 Trocknungshallen installiert.

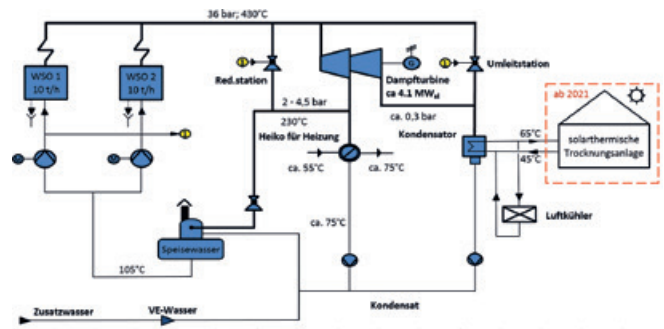


Abb. 5: Anbindung der Klärschlammverbrennungsanlage Bottrop an die solarthermische Trocknungsanlage

Der Strom der Erdgas-BHKW-Anlage wird zur Deckung des Strombedarfs der Kläranlage Bottrop sowie der Pumpwerke Bottrop und Gelsenkirchen des Abwasserkanals Emscher eingesetzt und somit in den aus Dampfturbinen-Prozess, Faulgas-BHKW-Anlage, Windenergieanlage und Photovoltaikanlage bestehenden Energieverbund auf der Kläranlage in Bottrop eingebunden.

4 Klärschlammförderung und Logistik

Sowohl die Klärschlamm-trocknung als auch der Verzicht auf die Kohlekonditionierung führen zu einer Veränderung des

WATROPUR

Cold temperature Sludge drying solutions

Klärschlamm-trockner

Behandelt 0.25 bis 12 t/Tag Trockensubstanz
Benötigt ca. 2 % Trockensubstanz
Trocknung braucht 0.33 kWh pro kg abgetrenntes Wasser
Erreicht 90 % Trockensubstanzgehalt
Keine Emissionen

WATROMAT® Presstrockner



Preise, Leistungsdaten und technische Informationen:
www.watropur.com/produkte/katalog

<p>Watropur GmbH Deutschland Am Steinberg 23 52353 Düren</p>	<p>Watropur AG Schweiz Eichzun 5 3800 Unterseen</p>	<p>Watropur GmbH Österreich Hofstättenstr. 19a 8062 Kumberg</p>
--	---	---

www.watropur.com
info@watropur.com

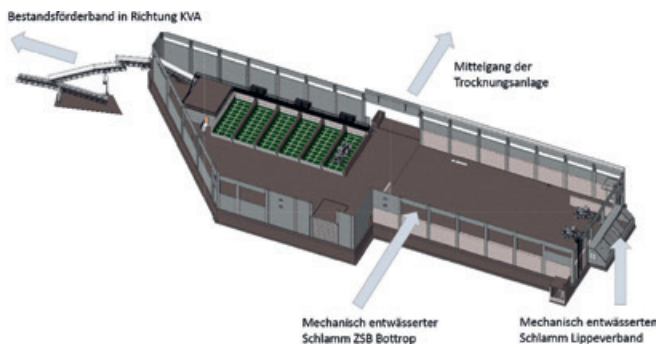


Abb. 6: Schlammlasthalle der solarthermischen Trocknung (Quelle: Emscher-Wassertechnik GmbH)

Klärschlamm hinsichtlich seiner verfahrens- und verbrennungstechnischen Eigenschaften. Insbesondere die mit der solarthermischen Trocknung auftretende Leimphase verursacht Risiken im Hinblick auf die Förderung und Vorlage des Schlammes. Wird der in die Leimphase getrocknete Schlamm mechanisch belastet, wird dieser klebrig und von der Konsistenz pastös. Die Leimphase des getrockneten Emscher-Klärschlammes liegt in einem TR-Bereich zwischen 40 und 60 % vor.

Für eine selbstgängige Verbrennung des Schlammes im Wirbelschichtofen ist ein Heizwert von ca. 4400 kJ/kg erforderlich. Dieser Heizwert wird bei einem nicht kohlekonditionierten Klärschlamm bereits bei einem TR-Gehalt von ca. 52 % erreicht. Jedoch treten in diesem Fall Probleme bei der Förderung und Vorlage auf, da sich der Klärschlamm in der Leimphase befindet. Es liegt entsprechend eine Verschlechterung der rheologischen Eigenschaften vor.

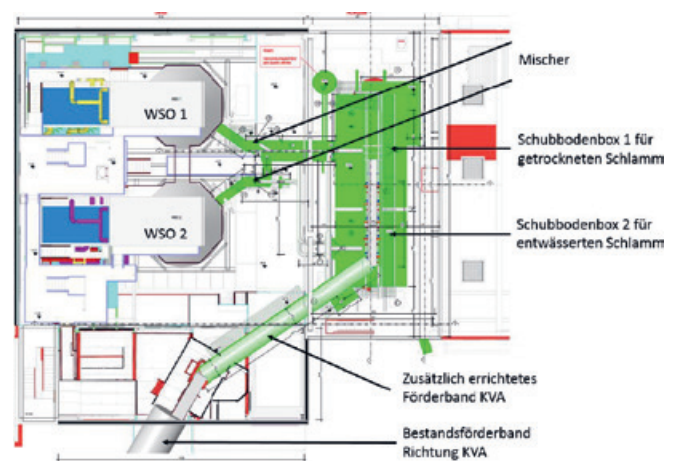
Deshalb wird der Schlamm in der solarthermischen Trocknung über den Leimphasenbereich hinaus auf einen Ziel-TR von 60 bis 70 % getrocknet. Der Schlamm ähnelt nun aufgrund seiner Konsistenz einem Schüttgut und lässt sich folglich optimal fördern und zwischenlagern. Von Nachteil ist, dass bei einem TR von > 60 % der Heizwert des Schlammes für die selbstgängige Verbrennung in den Wirbelschichtöfen zu hoch ist ($H_u > 5500$ kJ/kg). Der Ofen müsste hierfür gekühlt werden. Dies würde zu einer unerwünschten Energievernichtung führen, da die zuvor in der Trocknung entzogene Wassermenge dem Ofen zwecks Kühlung wieder zugeführt werden müsste.

Aus diesem Grund sieht das Klärschlammförderkonzept vor, dass der für die selbstgängige Verbrennung benötigte Heizwert durch eine Rückmischung von getrocknetem mit entwässertem Klärschlamm erzielt werden soll. Die Rückmischung erfolgt dabei unmittelbar vor dem Wirbelschichtofen.

Die solarthermische Trocknung wird mit mechanisch entwässertem Klärschlamm versorgt. Die Hauptschlammversorgung erfolgt über die ZSB Bottrop mit jährlich ca. 183 000 Mg mechanisch entwässertem Klärschlamm. Zusätzliche werden jährlich ca. 40 000 Mg entwässertes Schlamm vom Lippeverband per LKW angeliefert.

Im ersten Schritt werden die Schlämme in der sogenannten Schlammlasthalle der Solartrocknungsanlage gesammelt. Die Schlammlasthalle ist so konzeptioniert, dass der per LKW angelieferte Schlamm in einem hierfür vorgesehenen, separaten Annahmebereich gesammelt wird (Abbildung 6).

Der entwässerte Schlamm der ZSB Bottrop wird über ein Bestandsförderband, das im Rahmen der Errichtung der solarthermischen Trocknung erweitert wird, ebenfalls der Schlamm-



WSO: Wirbelschichtofen

Abb. 7: Klärschlammförderung und -vorlage innerhalb der Verbrennungsanlage (Quelle: Emscher-Wassertechnik GmbH)

logistikhalle zugeführt und in einem gesonderten Bereich in der Logistikhalle aufgeschüttet. Hierbei erfolgt die Übergabe des Schlammes an die solarthermischen Trocknungsanlage auf direktem Weg aus der Schlammmentwässerungshalle der ZSB Bottrop, in der der Schlamm über sechs Membrankammerfilterpressen entwässert wird.

Die Befüllung der einzelnen Trocknungshallen erfolgt anschließend per Radlader. Der Radlader nimmt in der Schlammlasthalle den entwässerten Klärschlamm auf und transportiert diesen über den Mittelgang der Trocknungsanlage in die jeweilige Trocknungshalle. Der Klärschlamm wird mit einer Schütthöhe von ca. 20 bis 30 cm in die Trocknungshallen eingebracht und über die Schaufel des Radladers grob verteilt. Der Schlamm wird anschließend auf einen Ziel-TR-Gehalt zwischen 60 und 70 % getrocknet. Nach dem Abschluss des Trocknungsprozesses wird der getrocknete Klärschlamm erneut von einem Radlader aufgenommen und zurück in die Logistikhalle transportiert.

Zusätzlich zu den Schlammvorlageplätzen befindet sich in der Logistikhalle das Klärschlammaustragssystem, das aus insgesamt sechs Schubböden mit einer maximalen Beladungskapazität von jeweils 350 Mg besteht. Der getrocknete Schlamm wird per Radlader dem jeweils hierfür vorgesehenen Schubboden zugeführt.

Sobald der Schubboden über die Warte der Klärschlammverbrennungsanlage angefordert wird, fördert dieser den getrockneten Schlamm über eine Austrageschnecke auf ein unter dem Schubboden-Verbundsystem liegendes zentrales Förderband, das den getrockneten Klärschlamm auf das bereits bestehende Klärschlammförderband übergibt und in die Verbrennungsanlage fördert. In der Anlage wird der Schlamm über das Bestandsförderband auf ein zusätzlich errichtetes Förderband übergeben, das den Schlamm in eine von zwei separaten Schubbodenboxen abwirft (Abbildung 7).

Der für die Rückmischung benötigte rein entwässerte Klärschlamm wird in der Logistikhalle der Trocknungsanlage per Radlader direkt auf einen hierfür vorgesehenen Schubboden des Schubbodenverbunds aufgegeben. Über das erweiterte Bestandsförderband wird der entwässerte Schlamm in die zweite Schubbodenbox der Verbrennungsanlage transportiert. Die Beschickung erfolgt dabei abwechselnd zum getrockneten



Abb. 8: Solarthermische Trocknung (Stand Mai 2020, Foto: Emschergenossenschaft)

Schlamm. Über die Leitwarte der Verbrennungsanlage wird je nach Füllstand der Schubbodenboxen in der Verbrennungsanlage entweder der getrocknete oder der entwässerte Klärschlamm aus dem Schubbodenverbund der Logistikhalle angefordert.

Der Austrag des getrockneten Schlamms aus der hierfür vorgesehenen Schubbodenbox erfolgt per Förderschnecke. Der Austrag des entwässerten Schlamms erfolgt per Exzentrerschneckenpumpe. Pumpe und Förderschnecke fördern die Schlammströme auf einen einaxialen Mischer. Je nach Temperatur im Wirbelschichtofen und Dampferzeugungsleistung der Kesselanlage des jeweiligen Ofens wird das Mischungsverhältnis über die Drehzahl der Pumpe und Förderschnecke eingestellt. Der Mischer übergibt den rückgemischten Schlamm auf eine für den Luftabschluss zum Ofen benötigte Förderschnecke. Die Förderschnecke übergibt den Schlamm auf den Wurfbeschicker des Wirbelschichtofens. Der Förderweg der Luftabschluss-schnecke – zwischen Mischer und Wirbelschichtofen – muss möglichst kurzgehalten werden, da nach dem Austritt aus dem Mischer ein Mischgut mit dem TR-Gehalt von ca. 52 % vorliegt. Dieses Mischgut befindet sich in der Leimphase, sodass die mechanische Belastung des Mediums möglichst minimiert werden sollte.

5 Genehmigungen und Baufortschritt

Für den Bau der solarthermischen Trocknung ist eine Bauzeit von ca. 1½ Jahren vorgesehen. Nachdem im Winter 2019 zunächst Rodungen, der Oberbodenabtrag und der Abriss von Altanlagen stattfand, konnte im Mai 2019 mit Vorlage der Genehmigung des vorzeitigen Baubeginns (erste Stufe der wasserrechtlichen Genehmigung nach Wasserhaushaltsgesetz) mit der Baureifmachung begonnen werden. Ziel hierbei war es, auf einer Fläche von ca. 60 000 m² einen möglichst homogenen und setzungsarmen Untergrund als Gründungsebene herzustellen. Diese Arbeiten wurden Ende 2019 weitestgehend abgeschlossen. Nachfolgend wurden im Rahmen des vorzeitigen Baubeginns für die zweite Stufe des Genehmigungsverfahrens

nach Wasserhaushaltsgesetz im Zeitraum von Januar 2020 bis April 2020 die aufgehenden Wände, auf denen der Stahlbau für die Hallenkonstruktion errichtet wird, betoniert. Nach Vorlage der zweiten Stufe des Genehmigungsverfahrens im Februar 2020 wurden zeitlich parallel abschnittsweise die Verkehrsflächen zwischen den Wänden asphaltiert. Mit dem Bau der Stahl- und Glaskonstruktion der Trocknungshallen wurde im März 2020 begonnen. Die Errichtung der Hallen soll im Sommer 2020 abgeschlossen sein. Mit der Taktung ihrer abschnittswisen Fertigstellung wird parallel mit der Installation der verfahrenstechnischen Anlagen begonnen und fertiggestellt. Diese beinhaltet im Wesentlichen die heizungs- und lüftungstechnischen Apparate sowie den Rohrleitungsbau und die Elektroversorgung der Hallen. Gleichermaßen werden die Komponenten der Abluftbehandlung im Außenbereich der Anlage an den Stirnwänden der Trocknungshallen Zug um Zug montiert und fertig gestellt. Der hierfür vorgesehene Betonbau wurde zeitlich mit den aufgehenden Wänden im April 2020 beendet. Im Anschluss daran erfolgt die Installation der Wäscher und Biofilter.

Die Schlammlogistikhalle befindet sich am südlichen Gebäuderand und besteht aus dem Annahmeabschnitt mit LKW-Anlieferung und zuführendem Förderband sowie sechs Schubbodenboxen für die Abgabe des Klärschlammes über Schnecken und Förderbänder. Der Betonbau für die Halle konnte im April 2020 begonnen werden. Ihre Fertigstellung einschließlich Aggregate- und Anlagentechnik ist für Herbst 2020 vorgesehen.

Für die ergänzende Wärmeversorgung der Trocknungshallen soll ein Erdgas-BHKW errichtet werden. Gründung, Bodenplatte sowie der Betonbau der Halle für die vier Gasmotoren werden im Zeitrahmen März 2020 bis Oktober 2020 fertig gestellt. Die Maschinen-, Elektro- und Gebäudetechnik werden anschließend bis Ende 2020 installiert. Abbildung 8 zeigt den Stand der Bauarbeiten im Mai 2020.

6 Ausblick

Mit dem Probebetrieb der ersten Trocknungshallen wird im zum Ende des Jahres 2020 begonnen. Zunächst werden Verfahrenstechnik sowie die Fördertechnik schrittweise in Betrieb gehen. In 2021 wird der Probebetrieb auf weitere Hallen ausgedehnt und das BHKW für die sukzessive zusätzliche Wärmebereitstellung in Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme aller Anlagen unter Vollast ist für das zweite Halbjahr 2021 vorgesehen.

Autoren

Alexander Knake, Dr.-Ing. Lars Günther, Peter Reese,
Dr.-Ing. Emanuel Grün, Prof. Dr.-Ing. Torsten Frehmann
Emschergenossenschaft/Lippeverband
Kronprinzenstraße 24, 45128 Essen

E-Mail: knake.alexander@eglv.de

Christian Essing
Emscher Wassertechnik GmbH
Brunnenstraße 37, 45128 Essen

