

Aldrin MATTES

Das Energiekonzept der Kläranlage Biberach

Die Verbandskläranlage Biberach/Baden wurde seit dem Jahr 2000 energetisch optimiert. Es entstand eine energieneutrale Kläranlage.

Die kommunale Verbandskläranlage Biberach/Baden ist eine mechanisch-biologische Kläranlage mit anaerober Schlammstabilisierung zur Reinigung des häuslichen und gewerblichen Abwassers aus dem gesamten Verbandsgebiet (Bild 1). In den Jahren 2000 bis 2003 wurde die Kläranlage zur gezielten Stickstoffelimination erweitert. Im Zuge dieser Maßnahmen wurde das Belebungsbecken um ca. 100 % vergrößert. Anschließend konnte, bei der in die Jahre gekommenen Kläranlage, bis 2009 der Bestand saniert und verschiedene Modifizierungsarbeiten durchgeführt werden. Bei den Umbauarbeiten berücksichtigte man, dass die Kläranlage auf einen Zuwachs der Bevölkerung im Verbandsgebiet vorbereitet ist. Die Ausbaugröße der Kläranlage Biberach erhöhte sich von 41.200 EW auf 46.100 EW. Im Verbandsgebiet leben derzeit über 30.000 Einwohner. Die restlichen Einwohnerwerte

sind Einwohnergleichwerte aus der Industrie. Die Entwässerung im Verbandsgebiet ist im Trennsystem (ca. 75 %) und im Mischsystem (ca. 25 %) ausgeführt.

Abwasserzweckverband Kinzig- und Harmersbachtal

Er setzt sich aus den Städten Haslach i. K. und Zell a. H. sowie den Gemeinden Biberach/Baden, Fischerbach, Hofstetten, Mühlenbach, Nordrach, Oberharmersbach und Steinach mit ca. 30.000 Einwohnern zusammen. Der AZV betreibt und unterhält die Verbandskläranlage in Biberach/Baden und den Verbandsammler von Steinach nach Biberach. Darüber hinaus berät der AZV die beiden Verwaltungsgemeinschaften, die Mitgliedsgemeinden und deren Bürger.

Prozess der Abwasserreinigung

Der Schmutzwasserzulauf der Kläranlage Biberach schwankt in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeiten sowie der Witterung sehr stark. Während der Trockenwetterzulauf sich auf ca. 7.000 m³/d beläuft, hat der Regenwetterzulauf dagegen bis zu 20.000 m³/d. Die Jahresmenge beträgt 3,5 Mio. m³, der Fremdwasseranteil liegt bei 44 %.

Ein vereinfachtes Fließschema zeigt den Kläranlagenaufbau und die Aufbereitungsschritte als Ganzes (Bild 2).

Nachfolgend werden zunächst einige Besonderheiten der Verfahrenstechnik kurz vorgestellt.

Die Kläranlage Biberach ist durch Geländeaufschüttung hochwassersicher ausgebildet. Auch bei Hochwasser der Kinzig kann das Abwasser alle Reinigungsstufen im freien Gefälle durchfließen. Ein Zulaufpumpwerk mit drei Förderschnecken hebt dazu das Abwasser 5,5 m bis zur Rechenanlage an. Zwei Pumpen arbeiten mit einer Leistung von je 220 l/s im Regelbetrieb, eine Pumpe wird als Reserve vorgehalten.

Die Rechenanlage besteht aus zwei Flachsiebrechen mit 6 mm Spaltenbreite und zwei nachgeschalteten Rechengutwaschpressen. Hier wird das Rechengut ausgewaschen, gepresst und in Endlossäcke verpackt.

Der Sand-/Fettfang ist ein längs durchströmtes Rechteckbecken mit 350 m³ Volumen, abgeschrägter Sohle und Sandrinne am Boden. Der Sand wird einer weiteren



Luftbild der energieneutralen KA Biberach/Baden (46.100 EW)

Bild 1

Verwertung zugeführt. Das Fett wird in die Faulbehälter gefördert.

Die Vorklärbecken bestehen aus zwei Rechteckbecken mit Zwillingräumer (je 225 m³ Volumen). Der Rohschlamm wird ohne zusätzliches Eindicken in die Faulbehälter gefördert. Die Anaerobbecken (je 275 m³ Volumen) wurden im Zuge der Modifizierungsarbeiten durch die Verkleinerung der Vorklärbecken geschaffen. Hier wird der Rücklaufschlamm zugegeben.

Das Denitrifikationsbecken (Belebung 1) besteht aus 3 Kaskaden, von denen bei Bedarf 2 als Nitrifikationsvolumen belüftet werden können. Die Einschaltung der Belüftung erfolgt vollautomatisch über die Belastung der Belebung 2 und/oder nach Bestimmung der Ammoniumkonzentration am Ablauf der Belebung 2.

Das Nitrifikationsbecken (Belebung 2) besteht aus 4 Rechteckbeckenstraßen mit je 750 m³ Volumen und jeweils 2 Zonen. Die Regelung des Sauerstoffs erfolgt in jeder Zone getrennt. Der Mittelwert steuert das Gebläse.

Die Nachklärung erfolgt in zwei runden Becken mit je 2.200 m³ Volumen. Die Tiefe an der Überlaufschwelle beträgt 2,3 m. Die hydraulische Auslastung ist sehr gut.

Im Ablauf der Belebung erfolgt die Phosphatfällung. Wegen des sehr weichen Wassers im Einzugsgebiet kommt Natriumaluminat zum Einsatz. Eine Dosierung erfolgt phosphatabhängig. Die Dosieranlage einschließlich der Vorrattanks ist zweistraßig ausgebildet. Die beiden Vorrattanks sind in Sicherheitstanks aufgestellt (zwei doppelwandige PE-Behälter mit je 15 m³ Volumen). Dosieranlage sowie die Steuerung sind im Gebäude der Fällmittelstation installiert.

Die durchschnittlichen Ablaufkonzentrationen liegen deutlich unter den Vorgaben der wasserrechtlichen Erlaubnis (Einleitungsgrenzwerte in Klammern):

- CSB 23,1 mg/l (48)
- Gesamtphosphor 1,14 mg/l (2,0)
- Stickstoff anorganisch 9,9 mg/l (18)
- Ammonium-Stickstoff 0,35 mg/l (10)

Die Grenzwerte wurden immer eingehalten.

Der Abbaugrad der Kläranlage liegt über den Richtlinien der EU bzw. der Behörde (Mindestanforderung in Klammern):

- CSB 95 % (75)
- Gesamtphosphor 83 % (80)
- Gesamtstickstoff 73 % (70).

Schlammbehandlung

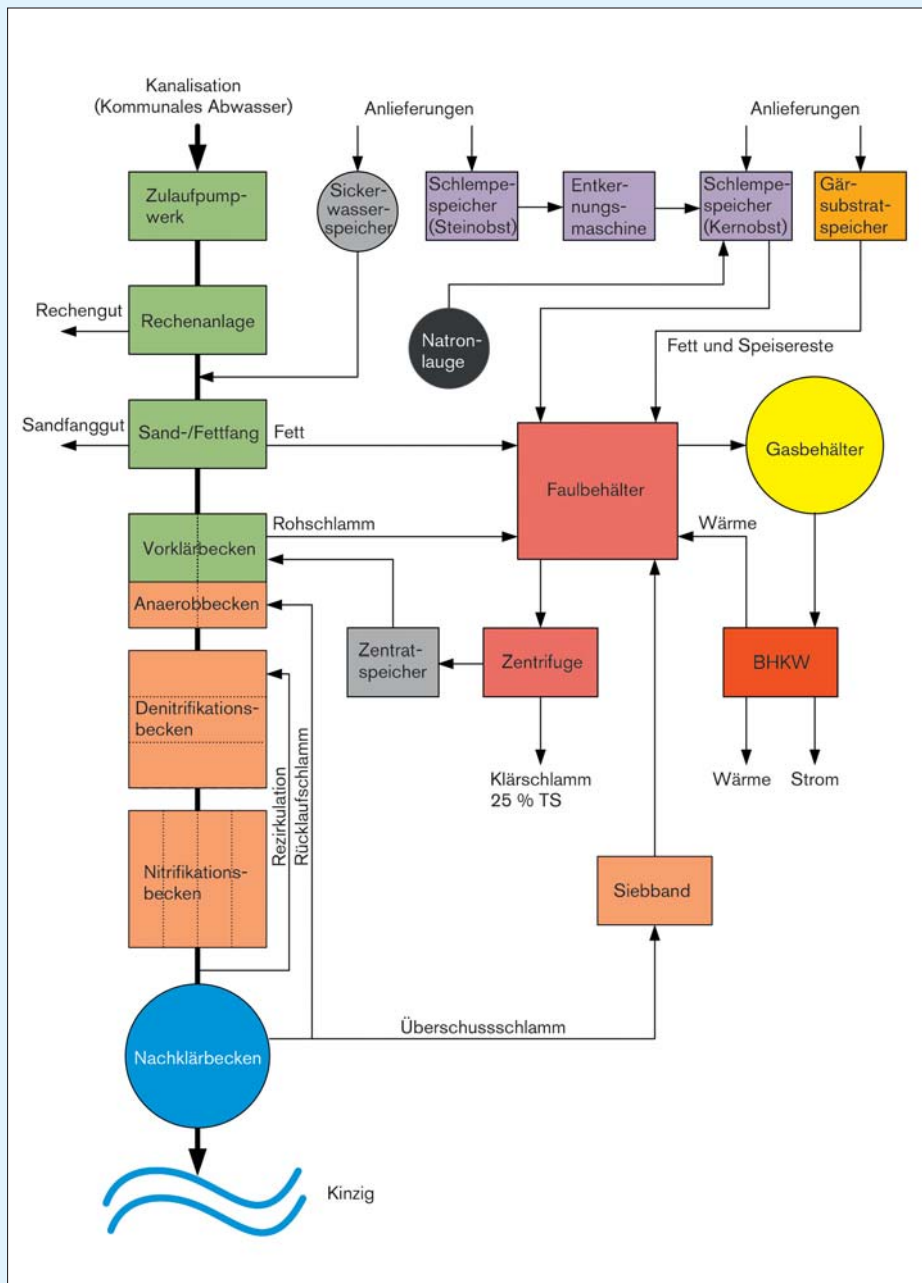
Die Schlammfäulung erfolgt in zwei, hintereinander geschalteten eiförmigen Faulbehältern mit je 1.600 m³ Fassungsvermögen. Die Faulbehälter werden auf ca. 39 °C beheizt. Die rechnerische Aufenthaltszeit ist über 40 Tage.

Die Beschickung der Faulbehälter mit Rohschlamm, Brennschlempe, Fett und Speiseresten erfolgt halbautomatisch. Für diese Stoffe stehen 4 Speicher zur Verfügung, drei Rechteckbehälter mit je 25 und einer mit 45 m³. Der Überschussschlamm wird mit der Überschussschlammwässerung (Siebband mit 30 m³/h Durchsatz) unter Zu-

gabe von Polymeren auf ca. 5 % entwässert und auch in die Faulbehälter gefördert.

Die Faulschlammwässerung erfolgt mit einer Zentrifuge. Im Jahr fallen ca. 2.000 t entwässerter Schlamm an, wobei der TS-Gehalt des entwässerten Schlammes 26 % beträgt.

Der Gasbehälter mit einer Kapazität von 600 m³ ist trocken aufgestellt und über eine 150 m lange Stichleitung mit den Faulbehältern bzw. dem Gasmessraum verbunden. Die elektrische und thermische Verwertung des Faulgases erfolgt in drei Blockheizkraftwerken (BHKW). Ein kleines BHKW wird dabei für die Grundlast genutzt (50 kW_e), ein mitt-



Strom und Wärme aus Abwasser (vereinfachtes Fließschema)

Bild 2

leres für den Nachtbetrieb (80 kW_{el}) und ein großes für die Spitzenlast tagsüber (125 kW_{el}). Die Abwärme mit ca. 1,6 Mio. kWh/a wird für die Beheizung der Faulbehälter und der Gebäude auf dem Klärwerksgelände genutzt. Auch der erzeugte Strom wird hauptsächlich für den Betrieb der Kläranlage genutzt. Die Stromerzeugung beläuft sich insgesamt auf ca. 950.000 kWh/a. Elektrische als auch die thermische Energie werden zu 100 % selbst erzeugt und genutzt. Somit versorgt sich die Kläranlage energieneutral.

Sondereinrichtungen

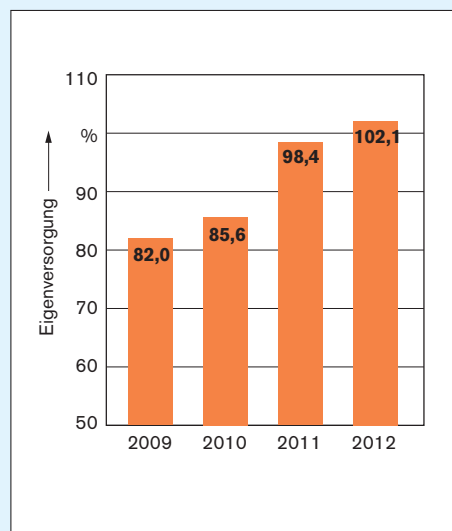
Im Einzugsgebiet der Kläranlage Biberach sind viele Obstbauern und Schnapsbrennereien ansässig. Die Obstschlempe wird zur Verwertung auf die Kläranlage gebracht. Diese verbessern, aufgrund ihres hohen organischen Anteils, die Faulgasproduktion bei der Schlammfäulung. Bevor die Obstschlempe dem Faulbehälter zugegeben werden, erfolgt eine Schlempebehandlung mit Hilfe einer Entkernungsmaschine. Dabei werden alle Sperrstoffe (Obststeine) entfernt. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit die saure Schlempe mit 50%iger Natronlauge zu neutralisieren.

Die Kläranlage Biberach verfügt über einen Sickerwasserspeicher (250 m³) zur Annahme von Sickerwässern aus Deponien. Er dient der Pufferung des angelieferten Sickerwassers. In Schwachlastzeiten wird dieses dem Kläranlagenzulauf zugegeben. Zur Deckung des Betriebswasserbedarfs ist auf dem Kläranlagengelände ein Brunnen-schacht mit zwei Tauchmotorpumpen mit je 60 m³/h installiert. Das Betriebswasserpumpwerk versorgt alle in der Kläranlage befindlichen Wasserentnahmestellen und sämtliche Maschinen mit Brauchwasser. Für Notfälle ist auch ein Trinkwasseranschluss vorhanden. Zum Ausgleich von Druckschwankungen sind 2 Druckbehälter ins Brauchwassernetz eingebunden.

Zur Schwefelelimination im Faulbehälter ist ein Tank mit Eisen-II-Chlorid aufgestellt. Dieses wird, um Korrosionen in Leitungen zu vermeiden, direkt in die Faulbehälter dosiert. Das Eisen bindet den Schwefel im Schlamm, wodurch der Schwefelgehalt im Faulgas reduziert wird, was die Motoren der BHKW schützt.

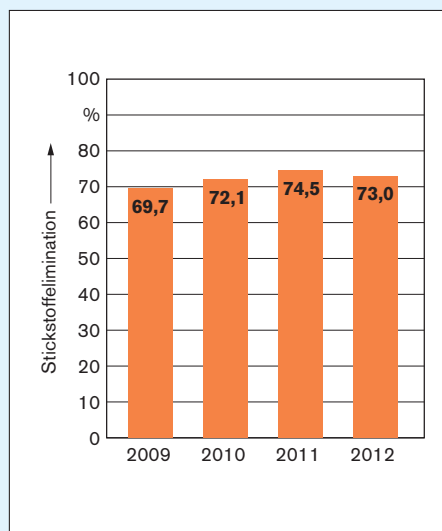
Besonderheiten der Anlage

Nach Angaben des Umweltbundesamtes von 2009 erreichen Kläranlagen mit Faulgasverstromung einen Eigenversorgungsgrad von etwa 33 % des Strombedarfs. Der rechnerische Eigenversorgungsgrad der Kläranlage Biberach liegt bei über 100 %. Dies wurde durch ständige Betriebsoptimierungen und seit 2011 auch durch Zugabe von Co-Substraten zur Verbesserung der Gaserzeugung erreicht. Dadurch konnte in der eigenen



Eigenversorgungsgrad der KA Biberach (2009-2012)

Bild 3



Abbauleistung Gesamtstickstoff (2009-2012)

Bild 4

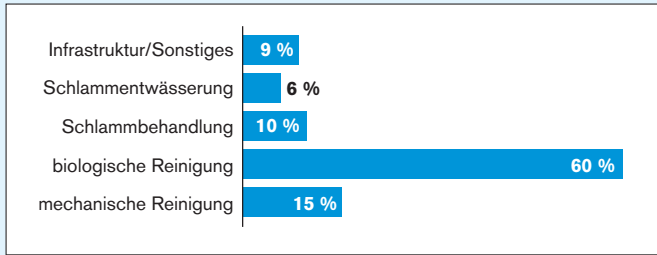


Bild 5

Anteil der einzelnen Verfahrensschritte am Stromverbrauch

BHKW-Anlage 2012 erstmals mehr Strom erzeugt werden, als die Kläranlage Biberach benötigt hat. Der Überschuss wurde in das öffentliche Netz eingespeist.

In Bild 3 wird der Eigenversorgungsgrad der letzten 4 Jahre dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass von 2000-2003 die Kläranlage erweitert wurde. Anschließend erfolgte bis 2009 eine Sanierung des Bestandes und die Durchführung von Modifizierungsarbeiten. Seit 2009 ist die Kläranlage wieder in einem stabilen Betrieb.

Ziel: Steigerung der Energieeffizienz

Oberstes Ziel und Aufgabe einer Kläranlage ist und bleibt die Abwasserreinigung. Die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen hat dabei höchste Priorität.

In Betracht der derzeit geführten Diskussionen über Maßnahmen zur Energieeinsparung auf Kläranlagen, könnte man meinen, dass die Abwasserreinigung etwas in den Hintergrund geraten ist. Dabei darf man nicht verkennen, dass die Kläranlagen mit einem Anteil von ca. 20 % in der Regel die größten Stromverbraucher im kommunalen Bereich sind.

Bei Kläranlagen der Größenklasse 4, zu der auch die Kläranlage Biberach gehört, beträgt – nach Untersuchungen des UBA im Jahr 2009 – der durchschnittliche Stromverbrauch 35 kWh/EW·a. Durch ständige Betriebsoptimierungen zur Steigerung der Energieeffizienz hat die Kläranlage Biberach im letzten Jahr einen Stromverbrauch von 23,3 kWh/EW·a erreicht. Durch diese Maßnahme hat sich gleichzeitig die Reinigungs-

leistung verbessert. Die gesetzlichen Vorgaben werden sicher eingehalten (Bild 4).

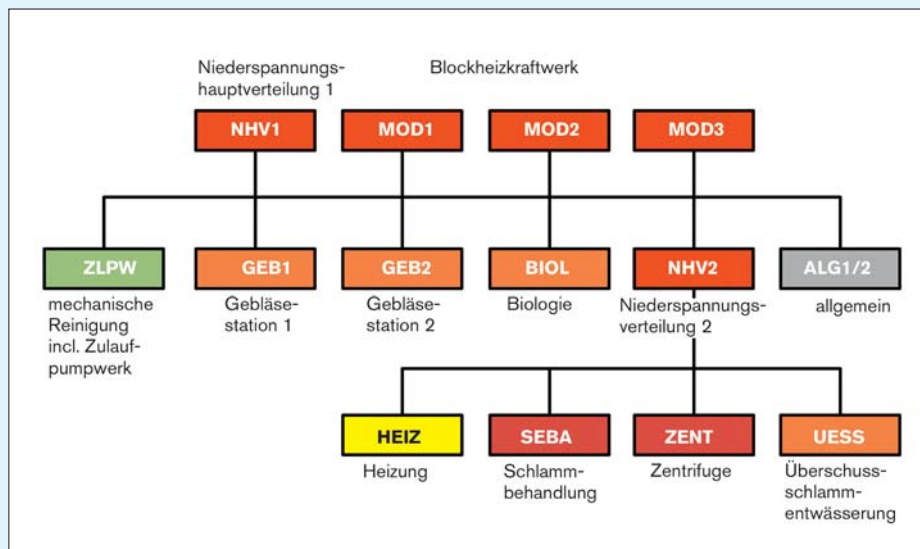
Die feststellbaren Differenzen der Jahre 2011 und 2012 sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Abwassermengen zurückzuführen (Verdünnungseffekt).

Der entscheidende Faktor beim Stromverbrauch einer Kläranlage ist die Stickstoffelimination. Durch die Nitrifikation, aber auch durch die Rezirkulation der Denitrifikation (bei Kläranlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation) wird mit Abstand der meiste Strom verbraucht. Die Stromverbräuche der einzelnen Verfahrensschritte der Kläranlage Biberach sind in Bild 5 abgebildet. Der Stromverbrauch des Zulaufpumpwerkes ist in der mechanischen Reinigung enthalten.

Maßnahmen zur Betriebsoptimierung

Zur Senkung des Stromverbrauchs auf der Kläranlage wurden in den letzten Jahren verschiedene Maßnahmen zur Stromeinsparung durchgeführt:

- Senkung des eigenen Betriebswasserverbrauchs durch Beseitigung von Leckagen und Betriebsoptimierung wasserverbrauchsintensiver Maschinen



Elektronische Stromzähler an den Anlagenteilen helfen „Stromfresser“ aufzuspüren und den Energieverbrauch zu optimieren Bild 6



Zerkleinerer verhindern das Eindringen von Sperrstoffen in die Faulbehälter Bild 7

- Sandfanggebläse und Rührwerke werden intermittierend gefahren (Zeitschaltprogramm)
- alle relevanten Antriebe wurden mit Frequenzumrichter ausgerüstet und werden drehzahlgesteuert, automatisch über Onlinemessungen geregelt (Zulaufpumpwerk, Rücklaufschlamm, Rezirkulation, Gebläse usw.)
- bei Sanierungen wurden energieeffiziente Antriebe eingesetzt
- die BHKW-Anlagen werden auf den aktuellen Strombedarf ausgeregelt, so dass der Bezug aus dem öffentlichen Netz nach Möglichkeit „Null“ ist
- im gesamten Stromverteilernetz der Kläranlage wurden 12 elektronische Stromzähler eingebaut, um von jedem Anlagenteil den Stromverbrauch getrennt erfassen und optimieren zu können (Bild 6).

Seit 2012 betreibt die Kläranlage ein neues BHKW mit einer Leistung von 50 kW für die Grundlast. Die Abwärme dieser Anlage

wird zu 100% für die Beheizung der Faulbehälter und der Gebäude genutzt. Aus diesem Grund wurde diese Anlage vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle als KWK-Anlage anerkannt. Aus diesem



Der alte Fäkalienspeicher wurde zum Gärsubstratspeicher Bild 8

Grund erhält der AZV für die nächsten 10 Jahre 5,11 Cent/kWh für selbst erzeugten und verbrauchten Strom.

Co-Vergärung

Die Brennschlempe aus der Schnapsdestillation wird wegen der sauren Konsistenz nicht auf die Felder gebracht, sondern zur Kläranlage geliefert. Die Brennschlempen enthalten, wegen des hohen organischen Anteils, noch Energie, die im Faulbehälter in Form von Faulgas gewonnen wird. Bereits 1983 beim Bau der Kläranlage wurde dies berücksichtigt und die dazu notwendigen Einrichtungen geschaffen. Seit 2009 werden die Mengen und Gewichte genau bilanziert. Bei der Sanierung und Modifizierung der Schlammbehandlung in den vergangenen Jahren wurden bereits die Weichen für eine Annahestation für Gärsubstrat (Fett und Speisereste) gestellt:

- Faulbehälter-Beschickungspumpen: es wurden Zerkleinerer (Bild 7) eingebaut, die verhindern, dass Sperrstoffe aus den Co-Substraten in die Faulbehälter gelangen
 - eine nur 50cm lange Zuleitung (Bild 7) für das Gärsubstrat bis zur Rohschlammleitung verhindert Ablagerungen
 - Einrichtung einer automatischen Steuerung der Gärsubstratdosierung mit Hilfe von Pneumatikschiebern (Bild 7)
 - der alte Fäkalienspeicher (Bild 8) wurde als Gärsubstratspeicher umfunktioniert, eine Dosierstation eingerichtet
 - Gas-Einpresslanzen wurden in die Faulbehälter eingebaut, was für eine bessere Durchmischung des Schlammes sorgt und die Gasproduktion verbessert
 - es wurde eine hochwertige Wärmedämmung an der Faulbehälterfassade angebracht. Somit können die Faulbehälter ganzjährig beheizt werden. Das führt zu einem besseren Abbau. Die Aufenthaltszeit bei ca. 39 °C ist auf 40 Tage gestiegen.
- Seit 2011 besteht nun die Möglichkeit mehr Fett aus Fettabscheidern anzunehmen und

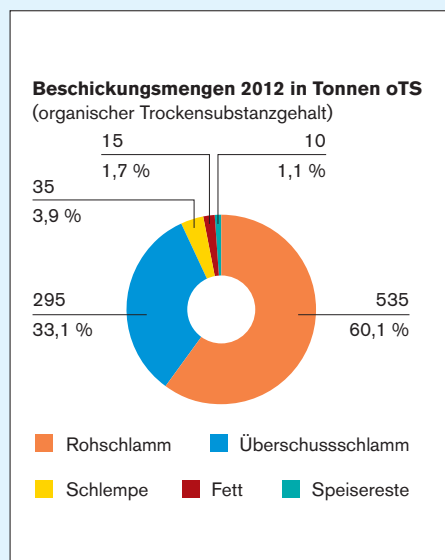
den Faulbehältern zugeben. Die hygienerechtliche Genehmigung zur Annahme und Verwertung von Speiseresten der Kategorie 3 wurde vom Veterinäramt 2012 erteilt. Sowohl das Fett als auch die Speisereste (vereinfacht Gärsubstrat genannt) enthalten einen sehr hohen organischen Anteil und sind somit hervorragend zur Faulgasproduktion geeignet. Das Gärsubstrat ist für die Methanbakterien sehr schnell verfügbar und kann spontan zur Verbesserung der Gaserzeugung/Stromerzeugung eingesetzt werden. Die Jahresmengen 2012 sind in Bild 9 dargestellt. Bemerkenswert ist, dass mit einer so geringen Menge Co-Substrate (6,7 % des gesamten Faulbehälter-Inputs) die Energiebilanz einer Kläranlage erheblich verbessert werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

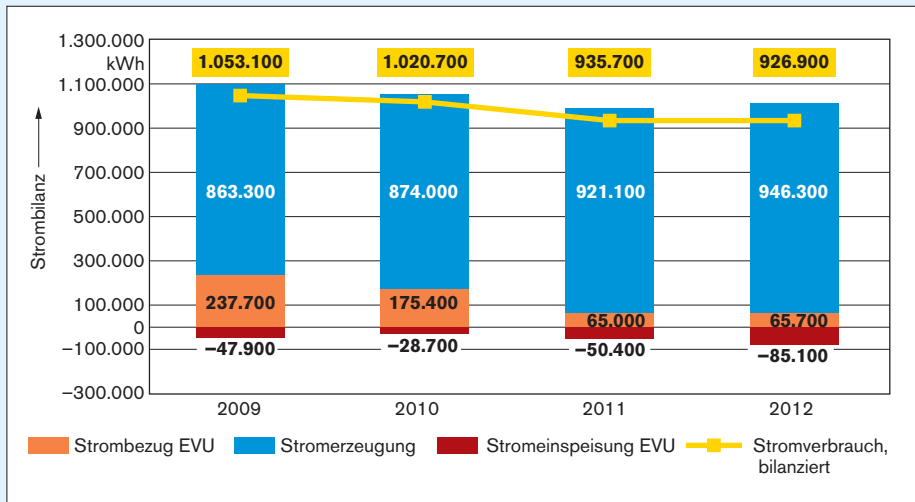
Durch Stromeinsparungen und durch die Steigerung der eigenen Stromerzeugung ist die Kläranlage Biberach energieneutral geworden. Das heißt, dass der Stromverbrauch mit der Stromerzeugung über ein Jahr bilanziert gleich ist bzw. mehr Strom erzeugt als verbraucht wird. Allerdings wird bei Schwachlastzeiten Strom vom EVU bezogen, während in Hochlastzeiten Strom an das EVU abgegeben werden kann.

Zukünftig soll der gesamte Strom für die Kläranlage selbst erzeugt werden, was aber aufgrund der geringen Gasspeicherkapazität (600 m³) eine Herausforderung ist.

Die Einspeisemenge soll, wegen der zurzeit geringen Vergütungen, nicht weiter gesteigert werden. Eine energieautarke Kläranlage ist – wie einige behaupten – nach unserer Meinung mit der heutigen Technik nicht möglich. Ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz ist für einen sicheren Betrieb unverzichtbar.



KLEINE MENGEN, GROSSE WIRKUNG: Erheblich verbesserte Energiebilanz dank Co-Substrate BILD 9



STROMBILANZ 2009–2012: Weniger Stromverbrauch und Strombezug, Bild 10
dagegen Stromerzeugung und Eigenstromversorgung erhöht

Auf die erzeugte thermische Energie wird nicht näher eingegangen, da ein Überschuss vorhanden ist. Fossile Brennstoffe werden seit einigen Jahren nicht mehr eingesetzt. In der Strombilanz sind die vom EVU bezogenen als auch selbst erzeugten Strommengen für die Jahre 2009–2012 ausgewiesen (Bild 10). Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl der Gesamtstromverbrauch der

Kläranlage als auch der Anteil des Strombezugs zurückgegangen ist. Gleichzeitig hat die Stromeinspeisung (Stromverkauf) zugenommen. Werden die Stromparameter für 2009 und 2012 bilanziert gegenübergestellt, so ergibt sich folgendes Bild:
 Strombezug EVU (Einkauf) -72,4 %
 Stromerzeugung (BHKW) +9,6 %

Stromeinspeisung (Verkauf) +77,7 %
 Stromverbrauch Kläranlage (berechnet) -12,0 %
 Eigenstromversorgung (Jahresbilanz) +20,2 %.

Unser im Jahr 2005 gesetztes Ziel, zeitnah energieneutral zu sein, haben wir erreicht und das ohne nennenswerte zusätzliche Kosten. Dies war und wird auch in Zukunft nur möglich sein, wenn:

- weitgehend alle Prozesse und Steuerungen vollautomatisch ablaufen
- einwandfrei funktionierende Messtechnik vorhanden ist
- übersichtliche und vollständige Dokumentationen/Aufzeichnungen vorhanden sind
- das gesamte Kläranlagenpersonal bei der Planung, im Betrieb und bei Optimierungen weiterhin aktiv mitwirkt.

KONTAKT

Abwasserzweckverband Kinzig- und Harmersbachtal

Aldrin MATTES, Betriebsleiter
 Hauptstraße 27 · 77 781 Biberach/Baden
 Tel.: 07835/63 400 · E-Mail: info@azv-kinzig.de
 www.azv-kinzig.de