



Verbandskläranlage Biberach/Baden: Die energieneutrale Kläranlage

1. Einleitung

Der Abwasserzweckverband Kinzig- und Harmersbachtal (AZV) befindet sich in Baden-Württemberg im mittleren Schwarzwald. Er setzt sich zusammen aus den Städten Haslach i. K. und Zell a. H. sowie den Gemeinden Biberach/Baden, Fischerbach, Hofstetten, Mühlenbach, Nordrach, Oberharmersbach und Steinach.

Der AZV betreibt und unterhält die Verbandskläranlage in Biberach/Baden.

Im vorliegenden Beitrag werden Potenziale und Möglichkeiten vorgestellt, mit denen man unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit eine energieneutrale Kläranlage schaffen kann.

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

Die Abwasserreinigung funktioniert tatsächlich nicht ohne Energie, um das Ab-

wasser zu reinigen, das 24 Stunden am Tag und 365 Tage im Jahr anfällt. Die Kläranlagen sind mit einem Anteil von 20% i. d. R. die größten Stromverbraucher im kommunalen Bereich.

Nach Angaben des Umweltbundesamtes [1] erreichen Kläranlagen mit Faulgasverstromung im Bundesdurchschnitt einen Eigenversorgungsgrad von etwa 33% des Strombedarfes. Nach Angaben der DWA [2] beträgt der Eigenversorgungsgrad in Baden-Württemberg 35%.

Durch ständige Betriebsoptimierungen und seit 2011 auch durch Zugabe von Co-Substraten zur Verbesserung der Gaserzeugung konnte in der eigenen BHKW-Anlage erstmals 2012 mehr Strom erzeugt werden, als die Kläranlage Biberach benötigt hat. Der Überschuss wird in das öffentliche Netz eingespeist. Der rechnerische elektrische Eigenversorgungsgrad der Kläranlage liegt bei über 100%.

Bei Kläranlagen der Größenklasse 4, zu der auch die Kläranlage Biberach gehört, beträgt der Stromverbrauch im Bundesdurchschnitt 35 kWh/(EWxa) [1] (Kilowattstunden pro Einwohner im Jahr) und in Baden-Württemberg 33,9 kWh/(EWxa) [2].

Durch verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz konnte die Kläranlage Biberach im letzten Jahr den Stromverbrauch auf 24,3 kWh/(EWxa) reduzieren.

Zu erwähnen ist, dass sich gleichzeitig die Reinigungsleistung in den letzten Jahren sogar verbessert hat. Die gesetzlichen Vorgaben wurden gesichert eingehalten.

Eine energieautarke Kläranlage, wie manchmal behauptet wird, ist mit der heutigen Technik nicht möglich. Ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz ist für einen sicheren Betrieb unverzichtbar. In **Tabelle 1** sind die Verbesserungen gegenüber 2009 dargestellt.

Tabelle 1

Ergebnisse Strombilanz 2009/2015	Prozent
Strombezug vom EVU (Einkauf)	- 95 %
Stromerzeugung (eigene BHKW)	+ 32,1 %
Stromeinspeisung (Verkauf)	+ 357 %
Stromverbrauch Kläranlage (berechnet)	- 11,3 %
Eigenstromversorgung (Jahresbilanz)	+ 40 %

2. Vorstellung Kläranlage

Die Verbandskläranlage ist eine kommunale, mechanisch-biologische Kläranlage mit anaerober Schlammstabilisierung zur Reinigung des häuslichen und gewerblichen Abwassers aus dem gesamten Verbandsgebiet. Die Inbetriebnahme war 1983.

In den Jahren 2000–2003 wurde die Kläranlage zur gezielten Stickstoffelimination erweitert, nachdem verschiedene Versuche gescheitert waren, die Nitrifikation und gleichzeitig die Denitrifikation zu betreiben.

Die Belebung wurde versuchsweise als Umlaufbecken umgebaut und ein Versuch mit Reinsauerstoffbelüftung wurde durchgeführt. Eine Vorbehandlung für das Zentratwasser wurde auch probeweise eingerichtet.

Keine der Varianten brachte den gewünschten Erfolg, sodass sich der Verband, in Zusammenarbeit mit der Behörde (Landratsamt Ortenaukreis), Ende der 90er Jahre entschieden hatte, das Belebungsbecken um ca. 100 % zu vergrößern. In den Jahren 2000–2003 wurde dann ein neues Denitrifikationsbecken mit drei Kaskaden (Belebung 1) zwischen das Vorklärbecken und das alte Belebungsbecken eingefügt. Das Becken wurde so konzipiert, dass auch einzelne Kaskaden zur Nitrifikation mit Belüfter ausgestattet werden konnten. Dies wurde später umgesetzt.

Anschließend wurde bei der in die Jahre gekommenen Kläranlage der Bestand saniert und verschiedene Modifizierungsarbeiten durchgeführt. Seit 2009 ist die Kläranlage wieder in einem stabilen Betrieb. Die größten Maßnahmen waren die Erneuerung der Rechenanlage und der BHKW-Anlage, Umbau und Sanierung der Faulschlammbehandlung, Verkleinerung der Vorklärung, Bau einer Überschussschlammwässerung, Teilerneuerung der Elektrotechnik incl. Prozessleitsystem und verschiedene Betonsanierungen.

Bei den Umbauarbeiten wurde auch berücksichtigt, dass die Kläranlage für einen Zuwachs der Bevölkerung im Verbandsgebiet gewappnet ist.

Die Ausbaugröße der Kläranlage Biberach wurde von 41 200 auf 46 100 Einwohnerwerte (EW) erhöht. Im Verbands-

gebiet leben über 30 000 Einwohner, die restlichen EW sind Einwohnergleichwerte aus der Industrie. Die Mindestanforderung sowie die Überwachungswerte nach AbwAG werden sicher eingehalten. Die Entwässerung im Verbandsgebiet ist im Trennsystem (ca. 75 %) und im Mischsystem (ca. 25 %) ausgeführt.

2.1 Abwasserreinigung

Der Zulauf schwankt in Abhängigkeit der Tages-, Jahreszeiten und der Witterung sehr stark.

Der Fremdwasseranteil liegt bei ca. 40 %. Trockenwetterzulauf ca. 7000 m³, Regenwetterzulauf bis zu 20 000 m³ pro Tag. Jahresmenge 3,8 Mio. m³

Das Zulaufpumpwerk hebt das Abwasser 5,5 m zur Rechenanlage an. Auch bei Hochwasser der Kinzig kann das Abwasser alle Reinigungsstufen im freien Gefälle durchfließen.

Drei Förderschnecken mit einer Leistung von je 240 l/s

Die Rechenanlage besteht aus zwei Rechen und zwei nachgeschalteten Rechengutwaschpressen. Das Rechengut wird ausgewaschen, gepresst und in Endlossäcke verpackt.

Zwei Flachsiebreen mit 6 mm Spaltenbreite

Der Sand-/Fettfang ist ein längs durchströmtes Becken mit abgeschrägter Sohle und Sandrinne am Boden. Der Sand wird einer weiteren Verwertung zugeführt. Das Fett wird in die Faulbehälter gefördert. Ein Rechteckbecken mit 350 m³

Die Vorklärbecken sind zwei Rechteckbecken mit einem Zwillingsräumer. Der Rohschlamm wird ohne zusätzliches Eindicken in die Faulbehälter gefördert. Zwei Rechteckbecken mit je 225 m³

Die Anaerobbecken für die Bio-P-Elimination wurden im Zuge der Modifizierungsarbeiten durch die Verkleinerung der Vorklärbecken geschaffen. Hier wird der Rücklaufschlamm zugegeben. Zwei Rechteckbecken mit je 275 m³

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

Ein Rechteckbecken mit drei Kaskaden à 1000 m³

Das Nitrifikationsbecken (Belebung 2) besteht aus vier Straßen mit jeweils zwei Zonen. Die Regelung des Sauerstoffes erfolgt in jeder Zone getrennt. Der Mittelwert steuert die Gebläse.

Vier Rechteckbeckenstraßen mit je 750 m³

Die Nachklärbecken sind rund und bei der Überlaufschwelle 2,3 m tief. Die hydraulische Auslastung ist sehr gut. Zwei Rundbecken mit je 2200 m³

Die Phosphatfällung erfolgt in den Ablauf der Belebung.

Aufgrund des sehr weichen Wassers im Einzugsgebiet kommt Natriumaluminat zum Einsatz.

Die Dosierung erfolgt phosphatabhängig. Zwei doppelwandige PE-Behälter mit je 15 m³

Die Ablaufkonzentrationen liegen deutlich unter den Vorgaben der wasserrechtlichen Genehmigung bzw. der AbwAG. Die Grenzwerte wurden sicher eingehalten. Jahresmittelwert 2015. – Einleitungsgrenzwerte in Klammer.

CSB (chemischer Sauerstoffbedarf)	19,2 mg/l (48)
Gesamtphosphor	0,96 mg/l (2,0)
Stickstoff anorganisch	11,3 mg/l (18)
Ammonium-Stickstoff	0,1 mg/l (10)

Die Reinigungsleistung, auch Eliminationsgrad genannt, der Parameter CSB, Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff, übersteigt die von der EU, bzw. im Leitfaden UM BaWü 2005, vorgegebenen Richtlinien. Mindestanforderung in Klammer.

CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) 2015	96,2 % (75)
Gesamtphosphor 2015	88,3 % (80)
Gesamtstickstoff 2015	72,7 % (70)

Vereinfachtes Verfahrensschema Kläranlage Biberach

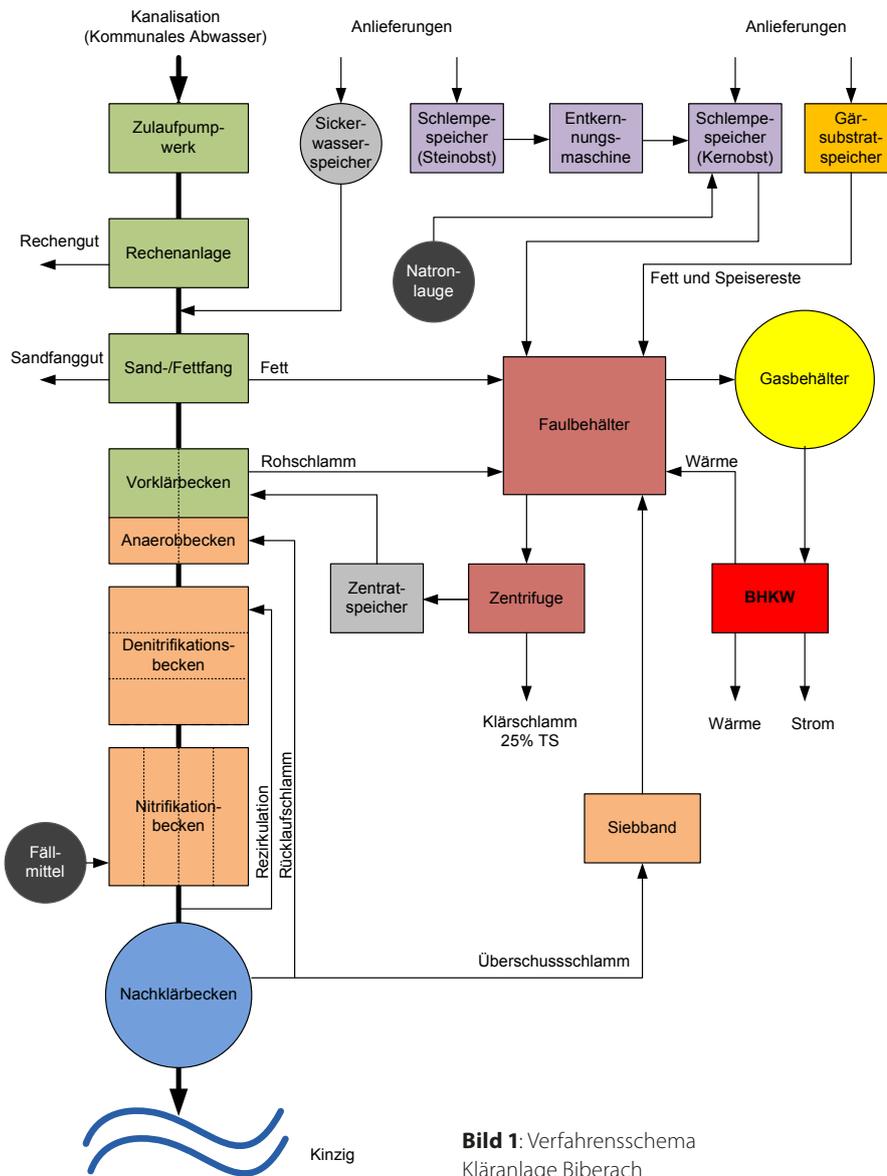


Bild 1: Verfahrensschema Kläranlage Biberach

2.2 Schlammbehandlung

Die Schlammfäulung besteht aus zwei hintereinander geschalteten Faulbehältern, die beide auf ca. 39°C beheizt werden. Die rechnerische Aufenthaltszeit ist über 40 Tage. Der Methangehalt im Faulgas schwankt zwischen 60 und 70%. Zwei eiförmige-Rundbehälter mit je 1600 m³

Die Beschickung der Faulbehälter mit Rohschlamm, Brennschlempe, Fett und Speiseresten erfolgt halbautomatisch. Für diese Stoffe stehen vier Speicher zur Verfügung.

Drei Rechteckbehälter mit je 25 und einer mit 45 m³

Der Überschussschlamm wird mit der Überschussschlammwässerung unter Zugabe von Polymeren auf ca. 5% Trockensubstanz (TS) entwässert und auch in die Faulbehälter gefördert. Siebband mit 30 m³/h Durchsatz

Die Faulschlammwässerung erfolgt mit einer Zentrifuge. Der TS-Gehalt des entwässerten Schlammes beträgt 24,5%. Entwässertes Schlamm 2000 Tonnen/Jahr

Der Gasbehälter ist trocken aufgestellt und über eine 150 m lange Stichleitung mit den Faulbehältern bzw. dem Gasmessraum verbunden. Volumen Gasbehälter 600 m³

Die Blockheizkraftwerke (BHKW) bestehen aus drei Modulen, ein kleines für die Grundlast, ein mittleres für den Nachtbetrieb und ein großes für die Spitzenlast tagsüber.

Modul 1	Liebherr 6 Zylinder	Turbo mit Ladeluftkühler	125 kW elektr. Leistung
Modul 2	Liebherr 4 Zylinder	Turbo mit Ladeluftkühler	80 kW elektr. Leistung
Modul 3	MWM 4 Zylinder	Turbo mit Ladeluftkühler	50 kW elektr. Leistung

Der erzeugte Strom und die Wärme werden hauptsächlich für die Kläranlage genutzt. Die Kläranlage versorgt sich sowohl mit elektrischer als auch mit thermischer Energie zu 100 % selbst. Die Kläranlage ist energieneutral. Stromerzeugung über 1,1 Mio. kWh/Jahr Wärmeezeugung über 1,9 Mio. kWh/Jahr

2.3 Sondereinrichtungen

Die Schlempebehandlung erfolgt mithilfe einer Entkernungsmaschine, die alle Sperrstoffe (Obststeine) entfernt. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, die saure Schlempe mit 50%iger Natronlauge zu neutralisieren. Natronlaugebehälter 5 m³

Der Sickerwasserspeicher dient der Pufferung des angelieferten Sickerwassers. Bei Schwachlastzeiten wird dieses dem Kläranlagenzulauf zugegeben. Rundbecken mit 250 m³

Die Betriebswasserpumpen befinden sich in einem Brunnenschacht. Das Betriebswasserpumpwerk versorgt alle in der Kläranlage befindlichen Wasserentnahmestellen und sämtliche Maschinen mit Brauchwasser. Für Notfälle ist auch ein Trinkwasseranschluss vorhanden. Zwei Tauchpumpen mit je 60 m³/h

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 (H₂S) im Faulgas reduziert wird, was die Motoren der BHKW schützt. Doppelwandiger PE-Behälter mit 25 m³

Die Heizung besteht aus einem Propan-gaskessel mit einem Vorrattank. Die Anlage ist nur für Notfälle vorgesehen. Seit einigen Jahren wird die Anlage nur noch vor dem Winter kontrolliert. Brenner 80–550 kW

Die Kalkdosierstation zur Erhöhung des pH-Wertes in der Belebung ist seit dem Wechsel auf alkalisches Fällmittel außer Betrieb. Silo mit 50 m³

2.4 Verfahrensschema Kläranlage
Im Verfahrensschema der Kläranlage (Bild 1) sind alle für die Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und Co-Vergärung relevanten Anlagenteile und Stoffströme abgebildet.

3. Maßnahmen / Betriebsoptimierungen

Der entscheidende Faktor bei dem 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 im Bild 2 abgebildet. Der Stromverbrauch des Zulaufpumpwerkes ist in der mechanischen Reinigung enthalten.

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

- bei Sanierungen wurden energieeffiziente Antriebe eingesetzt,
- alle relevanten Antriebe wurden mit Frequenzumrichtern ausgerüstet und werden drehzahlgesteuert, automatisch über Onlinemessungen geregelt (Zulaufpumpwerk, Rücklaufschlamm, Rezirkulation, Gebläse etc.),
- Sandfanggebläse und Rührwerke werden intermittierend gefahren (Zeitschaltprogramm),
- die Rezirkulation wird nitratabhängig gesteuert,
- die Vorgabe des Sauerstoffsollwertes in der Nitrifikation erfolgt ammoniumabhängig,
- die Umschaltung der Belebungs-Kaskaden von Denitrifikation auf Nitrifikation erfolgt über die Belastung (Luftmenge Gebläse) bzw. über den Ammoniumwert am Ende der Nitrifikation,

- die BHKW-Anlagen werden auf den aktuellen Strombedarf ausgeregelt, sodass der Bezug aus dem öffentlichen Netz nach Möglichkeit „null“ kW ist,
- Senkung des eigenen Betriebswasser-verbrauches durch Beseitigung von Leckagen und Betriebsoptimierung wasserverbrauchsintensiver Maschinen,
- im gesamten Stromverteilernetz auf der Kläranlage wurden 12 elektronische Stromzähler eingebaut, um von jedem Anlagenteil bzw. jeder Maschine den Stromverbrauch getrennt zu erfassen und um Stromfresser aufzuspüren und zu optimieren (Bild 3).

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. Der Abwasserzweckverband erhält für 10 Jahre 5,11 Cent/kWh für den selbst erzeugten und verbrauchten Strom.

4. Co-Vergärung

4.1 Brennschlempe

Im Kinzig- und Harmersbachtal betreiben viele Landwirte eine Schnapsdestillation. Die sogenannte Brennschlempe wird wegen der sauren Konsistenz nicht auf die Felder gebracht sondern in der Kläranlage

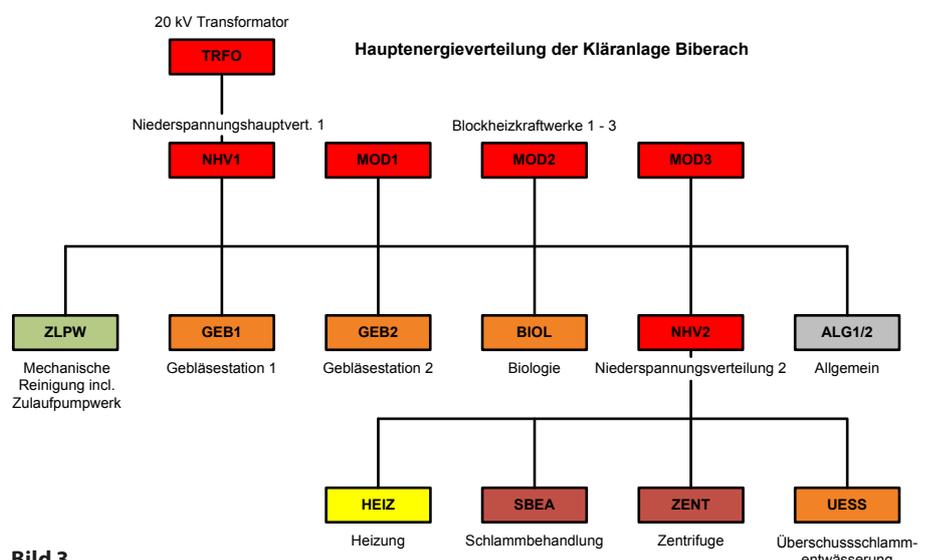
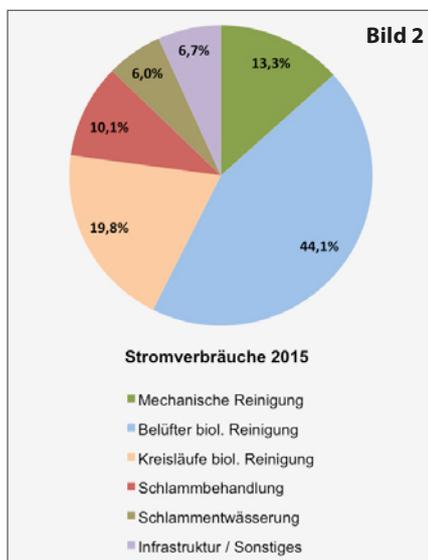




Bild 4: Annahmestation Co-Vergärung



Bild 5: Entkernungsmaschine



Bild 6: Rohschlamm-/Gärsubstratpumpstation

angeliefert. Die Brennschlempen enthalten, wegen dem hohen organischen Anteil, 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.

Die Anlieferung erfolgt zu den normalen Öffnungszeiten, ohne vorherige Anmeldung, durch die Landwirte selbst.

Die Einfüllöffnung (**Bild 4**) befindet sich direkt über dem Speicher in ca. 25 cm Höhe über dem Gelände und ist ca. 1 x 1 m groß. Die Landwirte füllen selbständig die Schlempe aus dem Pumpfass oder Container ab. Ein Gitterrost mit ca. 25 mm Stababstand filtert Sperrstoffe heraus.

Die Reinigung der Annahmestation wird von den meisten Landwirten, wenn notwendig, übernommen. Ein Schlauch mit Betriebswasseranschluss und verschiedene Abfüllhilfen stehen zur Verfügung.

Die Brennschlempe aus Steinobst in einen getrennten Speicher abgefüllt und später mit einer Entkernungsmaschine (**Bild 5**) entsteint. Nach Bedarf wird zur Anhebung des pH-Wertes Natronlauge zugegeben. Die Kosten der Natronlauge belaufen sich auf ca. 1500 € im Jahr.

Eine vertragliche Bindung zwischen dem AZV und den Landwirten besteht nicht. Der AZV kann bei Betriebsstörungen die Annahme von Brennschlempe verweigern.

4.2 Gärsubstrat (Fett und Speisereste)

Bei der Sanierung und Modifizierung der Schlammbehandlung in den vergangenen Jahren wurden bereits die Weichen für eine Annahmestation für Gärsubstrat (Fett und Speisereste) gestellt:

- es wurden bei den Faulbehälter-Beschickungspumpen, Zerkleinerer (**Bild 6-A**) eingebaut, die verhindern, dass Sperrstoffe aus den Co-Substraten in die Faulbehälter gelangen,
- die Leitung (**Bild 6-B**) für das Gärsubstrat ist nur 50 cm bis zur Rohschlammleitung – dadurch sind Ablagerungen fast ausgeschlossen,

- eine automatische Steuerung der Gärsubstratdosierung mithilfe von Pneumatikschiebern (**Bild 6-C**) wurde eingerichtet,
- der alte Fäkalienspeicher (**Bild 7-A**) wurde als Gärsubstratspeicher umfunktioniert,
- es wurden Gas-Einpresslanzen (**Bild 8**) in die Faulbehälter eingebaut, die für eine bessere Durchmischung des Schlammes sorgen und die Gasproduktion verbessern,
- bei der Sanierung der Faulbehälterfassade wurde eine hochwertige Wärmedämmung angebracht. Dadurch können nun beide Faulbehälter über das ganze Jahr beheizt werden, was zu einem besseren Abbau führt. Die rechnerische Aufenthaltszeit bei ca. 39°C ist somit auf über 40 Tage gestiegen.

Seit 2011 besteht die Möglichkeit, mehr Fett aus Fettabscheidern anzunehmen und den Faulbehältern zuzugeben. Die

hygienerechtliche Genehmigung zur Annahme und Verwertung von Speiseresten der Kategorie 3 wurde vom Veterinäramt 2012 erteilt.

Die Anlieferung der Fette erfolgt durch zertifizierte Fuhrunternehmen aus der Region, die überwiegend Fettabscheider aus dem Verbandsgebiet und dem Raum Offenburg entleeren.

Die Speisereste werden aus einer nahe gelegenen Pasteurisierungsanlage im Tanklastzug angeliefert. Der Transporteur ist zum Transport von Material der Kategorie 3 zugelassen.

Bei größeren Mengen müssen die Fuhrunternehmen die Anlieferung beim Betriebspersonal abfragen bzw. anmelden. Priorität haben Anlieferungen aus dem Verbandsgebiet. Der AZV kann, z.B. bei Betriebsstörungen, die Annahme von Gärsubstrat komplett abstellen. Eine schriftliche Vereinbarung zwischen AZV und Abfallerzeuger bzw. Abfallbeförderer gibt es nicht.

Das Abladen erfolgt in einem geschlossenen System (siehe **Bild 7**). Der Gärsubstratspeicher umfasst 45 m³. Die Homogenisierung erfolgt mit einem kräftigen Rührwerk (9 kW), das über einen Rechts- und Linkslauf verfügt. Somit sind Verzopfungen weitgehend ausgeschlossen bzw. leicht zu entfernen. Der Gärsubstratspeicher und der Zerkleinerer werden alle 6–8 Wochen komplett entleert und gereinigt (ausgespritzt).

4.3 Betriebsweise

Sowohl die Brennschlempe als auch das Fett und die Speisereste enthalten einen sehr hohen organischen Anteil und sind somit hervorragend zur Faulgasproduktion geeignet.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass sich die Co-Vergärung wie ein Energiespeicher darstellt, der bei Strombedarf nahezu sofort zur Verfügung steht.

Die Brennschlempe ist schnell und das Gärsubstrat ist sehr schnell für die



Bild 7: Anlieferung Gärsubstrat

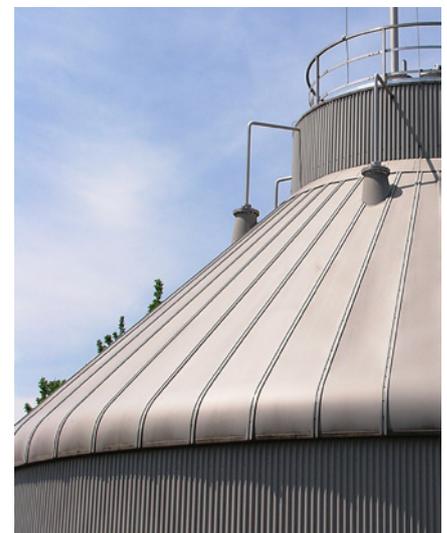


Bild 8: Gaseinpresslanzen Faulbehälter

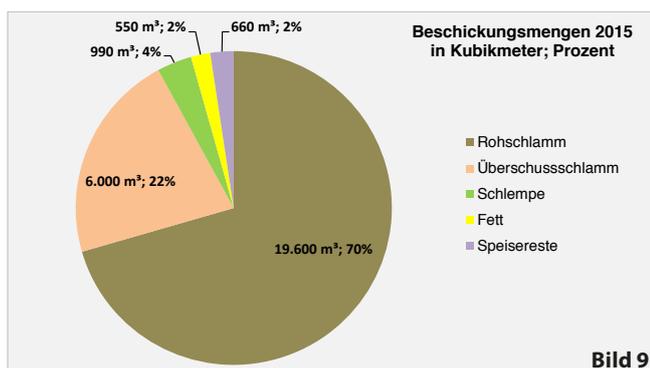


Bild 9

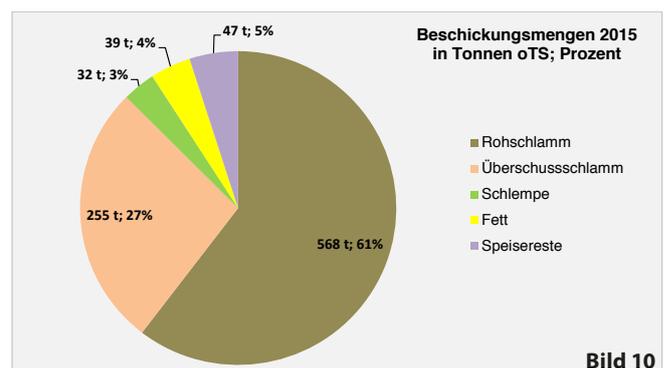


Bild 10

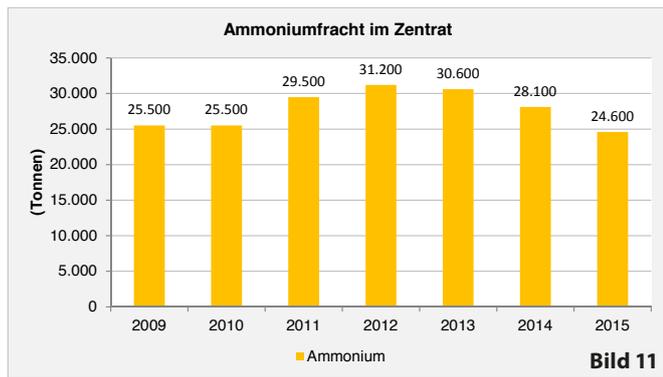


Bild 11

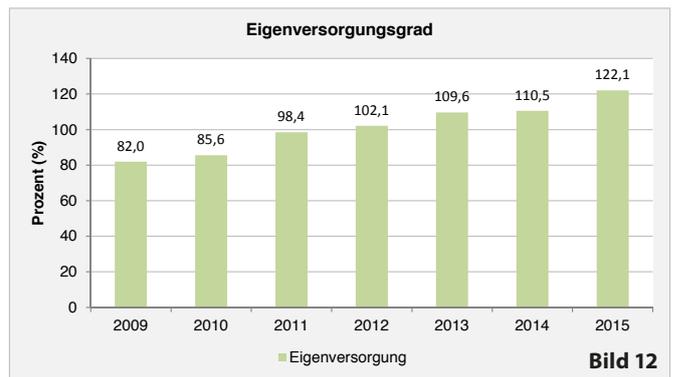


Bild 12

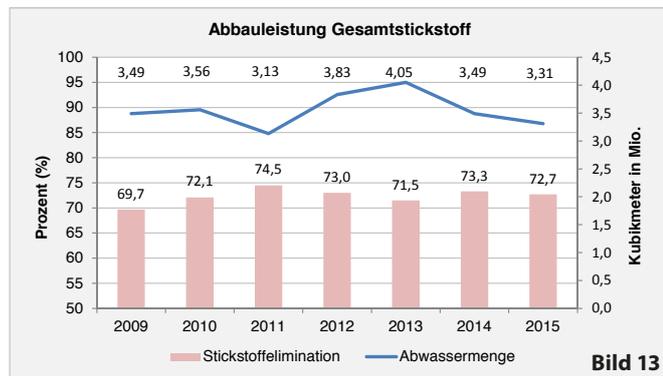


Bild 13

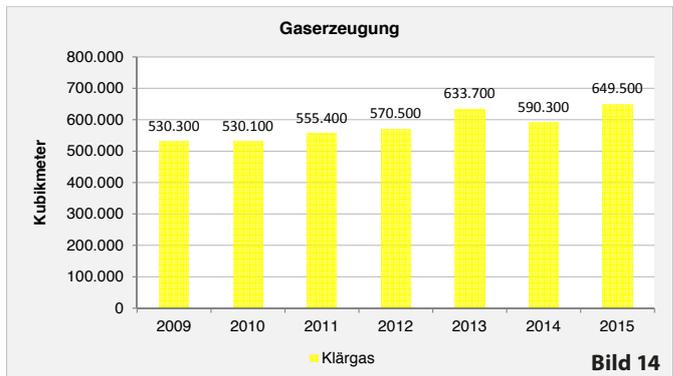


Bild 14

Methanbakterien verfügbar. Diese Stoffe können somit zur sofortigen bzw. kurzfristigen Verbesserung der Gaserzeugung/ Stromerzeugung eingesetzt werden.

Die Vorgehensweise wird wie folgt umgesetzt: Wenn die Gaserzeugung schlecht ist, bedingt z.B. durch Regenwetter (Schlamm wird in den Regenrückhaltebecken zurückgehalten) wird nach Bedarf über die Halbautomatik eine vorher definierte Menge Schlempe dem Faulbehälter zugegeben.

Die Gaserzeugung wird, bedingt durch die etwas trägere Reaktionszeit der Schlempe, dadurch, auf den gesamten Tag gesehen, gesteigert.

Bei den Fetten und insbesondere bei den Speiseresten muss die Dosierung mit Vorsicht erfolgen. Nicht selten steigt die Gaserzeugung innerhalb von Minuten um 100% an, geht aber nach 1–2 Stunden schlagartig wieder zurück.

Die Dosierung dieser Stoffe (Gärsubstrat) erfolgt auch im Halbautomatikbetrieb – das heißt bei kurzfristig erhöhtem Strombedarf (z. B. bei Betrieb der Zentrifuge und/ oder bei niedrigem Gasbehälterstand) wird vom Personal über einen Startbefehl die Dosierung gestartet und damit eine zuvor

definierte Menge dem Faulbehälter zugegeben (zur Zeit sind es 1,5 m³/Charge). Die Mengen der Co-Substrate differieren zwischen null und im Extremfall bis zu 15 m³ am Tag.

Die Jahresmengen (Roh-/Überschusschlamm und die Co-Substrate) mit denen der Faulbehälter 2015 beschickt wurde, sind in Kubikmeter und in Tonnen oTS (organischer Trockensubstanzgehalt) in den **Bildern 9** und **10** dargestellt.

Bemerkenswert ist, dass mit einer so geringen Menge Co-Substrate 8% des gesamten Faulbehälter-Inputs) die Energiebilanz der Kläranlage erheblich verbessert werden konnte.

Durch die gute Abbaubarkeit des Gärsubstrats ist keine Zunahme des entwässerten Schlammes (Stand: Dezember 2015) festzustellen. Die Menge liegt seit Jahren bei 2000 Tonnen.

4.4 Nachteile

Die Ammoniumfracht des Zentratwassers ist zunächst leicht angestiegen (**Bild 11**) liegt aber 2015 sogar unter dem Wert von 2009. Der zwischenzeitliche Anstieg war vermutlich ein verfahrenstechnisches

Problem bei der Erfassung der Zentrat- und Sickerwassermengen. Diese werden seit Mitte 2014 nun getrennt erfasst und die Ammoniumfracht ermittelt.

Durch die Speisereste, die teilweise aus entpackten Lebensmitteln bestehen, sind Folienschnipsel im entwässerten Klärschlamm und im Zentratwasser als Schwimmstoffe vorhanden. Negative Auswirkungen sind dadurch nicht festzustellen. Der Klärschlamm wird thermisch verwertet und der Überlauf des Zentratbehälters führt in den Zulauf der Kläranlage und somit vor die Rechenanlage. Durch die intensive Durchmischung der Faulbehälter mittels Gas-Einpressanlagen ist die Bildung einer Schwimmstoffdecke in den Faulbehältern so gut wie ausgeschlossen.

Seit einiger Zeit treten verstärkt Probleme bei der Durchflusserfassung des Rohschlammes und der Co-Substrate auf. Fettablagerungen im MID sind der Grund. Geplant ist eine Verkleinerung der Leitung, um einen Spüleffekt zu erreichen, und eine automatische Spülvorrichtung mit warmem Faulschlamm.

Durch die Annahme der Fettabseiderinhalte seit 2011 und der Speisereste ab

2012 hat sich der Personalaufwand für die Verwaltung und den Betrieb der CO-Vergärung geringfügig erhöht. Der Gesamtaufwand der CO-Vergärung beträgt unter 200 Stunden pro Jahr. Dies entspricht ca. 1,8% der Personalkosten des Abwasserzweckverbandes.

5. Ergebnis

Im **Bild 12** ist der elektrische Eigenversorgungsgrad der letzten sieben Jahre abgebildet. Im Jahr 2015 liegt der Eigenanteil bei über 120%.

In diesem Zeitraum ist die Reinigungsleistung gleich geblieben bzw. hat sich sogar verbessert. Die Differenzen der Jahre 2011 und 2013 sind mit höchster Wahrscheinlichkeit auf die Abwassermengen zurückzuführen (Verdünnungseffekt). Eine Übersicht ist aus **Bild 13** ersichtlich.

Die Gaserzeugung ist deutlich angestiegen, wie aus **Bild 14** ersichtlich ist. Die Gasausbeute liegt bei 690 l/kg oTS, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Eine so hohe Gasausbeute ist auf Kläranlagen nur durch Zugabe von Co-Substraten möglich.

Auch das neue 50kW-BHKW (**Bild 15**) trägt, durch den besseren Wirkungsgrad, zur Verbesserung der Strombilanz bei. Die erzeugte elektrische Energie aus einem Kubikmeter Gas liegt bei über 1,8 kWh/m³ im Gegensatz zu den alten BHKW (**Bild 16**) mit ca. 1,7 kWh/m³.

Bei der Generalüberholung des BHKW 2 wurden Zylinder und Kolben der neuen Generation eingebaut. Der Wirkungsgrad ist auch hier deutlich angestiegen und liegt jetzt bei 1,9 kWh/m³ Faulgas.

Betrachtet man aber die tatsächlich von der Gesamtanlage abgegebene Leistung, die auch von den BHKW Modulen über die Schnittstelle bzw. den Zähler dem Betreiber zur Verfügung steht, ist die Stromausbeute pro Kubikmeter Faulgas niedriger.

Die tatsächlich in das Kläranlagennetz von den BHKW eingespeiste Wirkleistung wird in der Kläranlage Biberach für jedes BHKW-Modul zusätzlich erfasst. Bedingt durch die Nebenantriebe (Umwälzpumpen Lüfter, Ladegeräte, Notkühler etc.) liegt teilweise die tatsächlich zur Verfügung stehende erzeugte Leistung bis 7% unter der Nennleistung. Geht man von dem unteren

Heizwert des Faulgases von 6,0 kWh/m³ und der vom Generator abgegebene Strommengen aus, beträgt der elektrische Wirkungsgrad je nach Betriebsweise bis zu 33%. Der thermische Wirkungsgrad liegt bei fast 50%

Im **Bild 17** sind die Strommengen in kWh/a der Jahre 2009–2015 abgebildet. Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl der Stromverbrauch der Kläranlage als auch der

Anteil des Strombezugs zurückgegangen sind. Gleichzeitig hat die Stromeinspeisung (Stromverkauf) zugenommen. Auch die Stromerzeugung hat, aufgrund der Zugabe von Gärsubstrat, zugenommen.

Die Summe der Einnahmen durch den Stromverkauf und der KWK-Zulage waren erstmals 2012 höher als die Ausgaben für den Strombezug. Die aktuellen Beträge sind im **Bild 18** dargestellt.



Bild 15: BHKW-Modul 50 kW



Bild 16: BHKW-Modul 80 kW

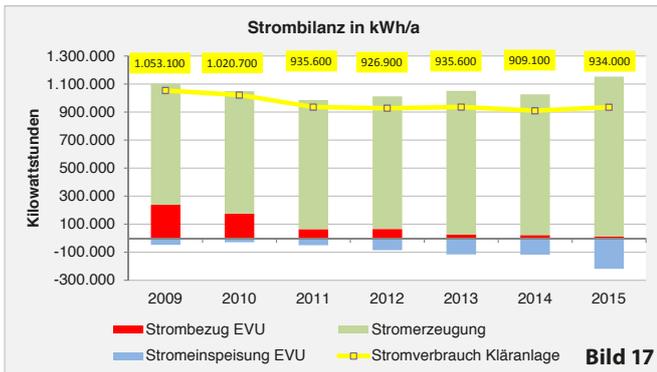


Bild 17

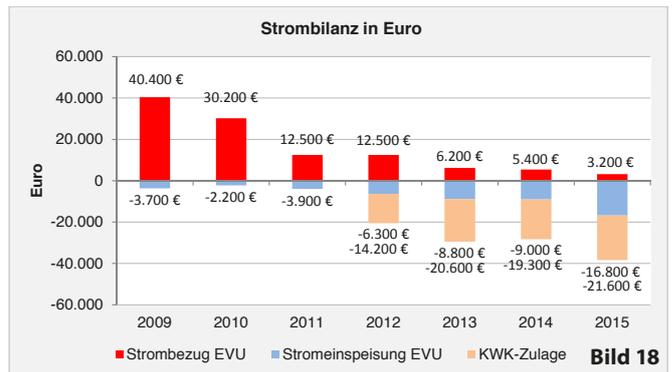


Bild 18

6. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, dass, durch Stromeinsparungen und durch die Steigerung der eigenen Stromerzeugung, die Kläranlage Biberach energieneutral geworden ist.

Das heißt, dass der Stromverbrauch mit der Stromerzeugung über ein Jahr bilanziert (unterm Strich) 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.

Bereits im letzten Energiebericht von 2012 wurde angekündigt, mehr Strom für die Kläranlage selber zu erzeugen, was aber aufgrund der geringen Gasspeicherkapazität (600 m³) sehr schwierig war. Eine ausgeklügelte Technik zur Steuerung der BHKW und der Großverbraucher (Zentrifuge, Überschussschlammwässerung, etc.) waren hier behilflich und ein voller Erfolg. Die Einspeisemenge soll, aufgrund der zurzeit geringen Vergütung (EEG), nicht weiter gesteigert werden.

Eine energieautarke Kläranlage, wie manchmal behauptet wird, ist mit der heutigen Technik nicht möglich. Ein An-

schluss an das öffentliche Stromnetz ist für einen sicheren Betrieb unverzichtbar.

Auf die erzeugte thermische Energie wird nicht näher eingegangen, da ein Überschuss vorhanden ist. Fossile Brennstoffe werden seit einigen Jahren nicht mehr eingesetzt.

Die PV-Anlage auf dem Betriebsgebäude ist nicht in der Strombilanz enthalten.

Das im Jahre 2005 gesetzte Ziel, zeitnah energieneutral zu sein, wurde bereits 2012 erreicht. Die Energieeffizienz konnte bis heute kontinuierlich weiter verbessert werden.

Auch aus finanzieller Sicht ist das Konzept erfolgreich, unter Berücksichtigung aller Kosten (Investitionen, Abschreibungen, Betriebsaufwand sowie Einnahmen aus Fettabscheideranlieferungen und Stromverkauf). Dies kommt dem Abwassergebührenzahler zugute.

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,

- Und vor allem, das gesamte Kläranlagenpersonal aktiv mitwirkt (im Betrieb, bei Optimierungen und bei der Planung).

Literatur

- [1] Fricke, K.: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen. Umweltbundesamt, Stand 2009.
- [2] DWA: Kläranlage- und Kanalnachbarschaften Baden Württemberg 2013.



Autor/Kontakt:

Aldrin Mattes
 Betriebsleiter
 Abwasserzweckverband
 Kinzig- und Harmersbachtal
 Biberach/Baden
 Tel. (07835) 6340-11
 Fax (07835) 6340-20
 aldrin.mattes@azv-kinzig.de
 www.azv-kinzig.de

gwf

Wasser
Abwasser

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
www.gwf-wasser.de

Ihr Kontakt zur Mediaberatung

Inge Spoerel

Telefon +49 89 203 53 66-22, Telefax +49 89 203 53 66-99, E-Mail: spoerel@di-verlag.de