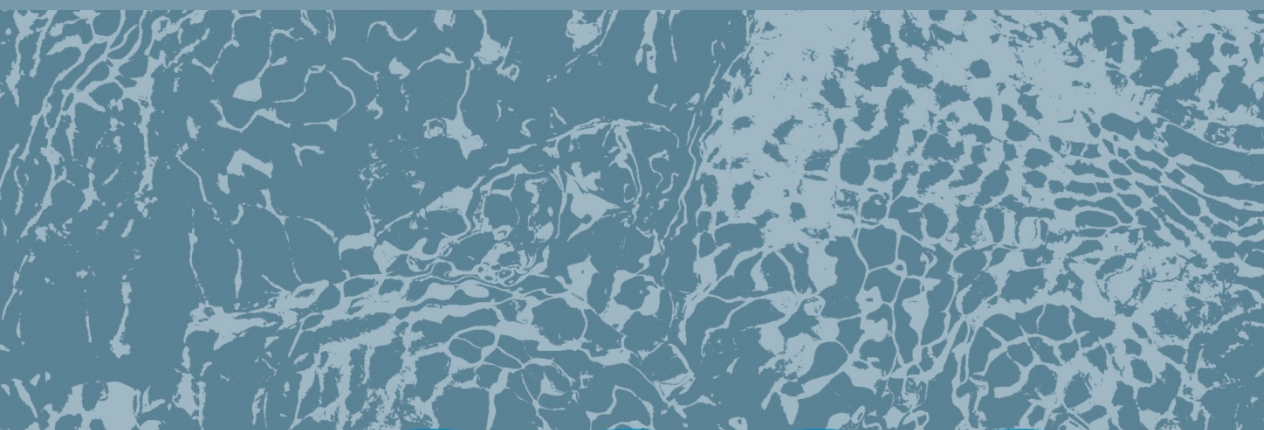


Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen

Pilotprojekt Kläranlage Bad Abbach



wasser



Fachtagung am 1. Oktober 2015



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen

Pilotprojekt Kläranlage Bad Abbach

**Fachtagung am 1. Oktober 2015
UmweltSpezial**

Impressum

Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen – Pilotprojekt Kläranlage Bad Abbach
Fachtagung des LfU am 01.10. 2015

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

Oktober 2015

Der Tagungsband steht auch als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de (Kategorie Umwelt und Verbraucherschutz).

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Potenziale der Faulgaserzeugung in Bayern	5
Erich Englmann, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Stefan Bleisteiner, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Erfahrungen bei Planung und Bau einer Faulung in Bad Abbach	13
Kai Christensen, BBI Beratende Ingenieure	
Betriebsergebnisse des Pilotvorhabens Bad Abbach	23
Detlef Wedi, Andreas Fiedler, Nicole Michalski, Ing Büro ATM	
Ergebnisse des Pilotvorhabens in Bad Abbach	36
Prof. Dr.-Ing. Oliver T. Christ, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf	
Bau- und Betriebserfahrungen auf der Kläranlage Markt Altomünster	51
Dr.-Ing. Dieter Schreff, Ing. Büro Schreff	
Umsetzung einer modularen Kompaktfaulung auf der Kläranlage Steinfeld-Hausen	59
Matthias Kraft, Ing. Büro BaurConsult, Edwin Bailer, Fa. DynaHeat	
Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung auf den Kläranlagen Linz-Unkel und Selters	70
Dipl.-Ing. Jürgen Jakob, Dr.-Ing. Klaus Siekmann, Ingeniergesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbh	
Tagungsleitung / Referenten	92

Potenziale der Faulgaserzeugung in Bayern

Erich Englmann, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Stefan Bleisteiner, Bayerisches Landesamt für Umwelt



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Gliederung des Vortrags

- Abwasserreinigung und Energie
- Nachrüstung von Stabilisierungsanlagen
- Maßnahmen zur Erhöhung der Eigenstromerzeugung
- Entwicklungspotenziale

Folie: 2



Abwasserreinigung benötigt Energie

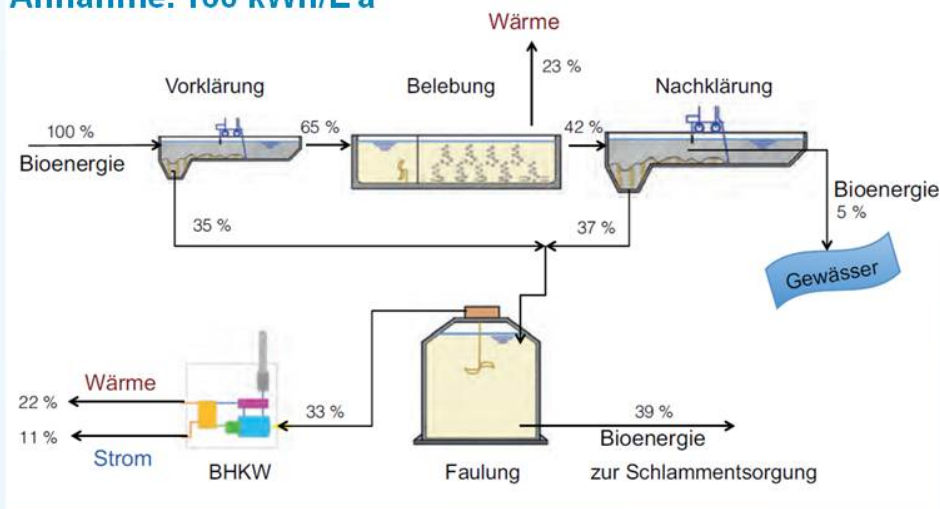
- Kläranlagen sind relevante **Energieverbraucher**
- Sie benötigen rund 0,7 % des deutschen Gesamtstrombedarfs [Haber Kern 2006]
- Ihr jährlicher Stromverbrauch in Deutschland beträgt ~ 4.400 GWh [DWA 2010]
- In Bayern beträgt der Verbrauch ~ 606 GWh [Abschätzung LfU, Stand 2014]
- Mit einem Anteil von rd. 20 % ist die Abwasserentsorgung für viele Kommunen der bedeutendste Stromverbraucher [DWA 2010]

Folie: 3

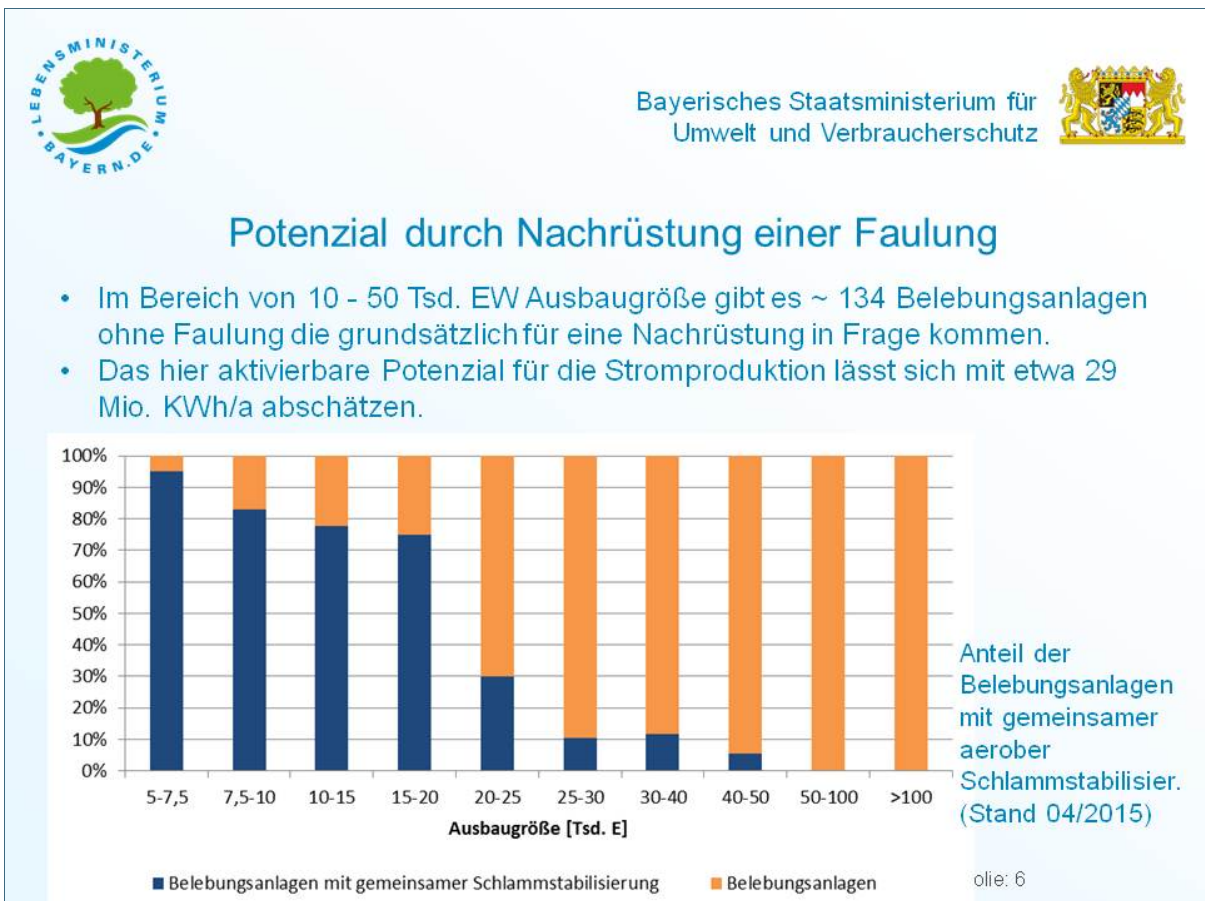
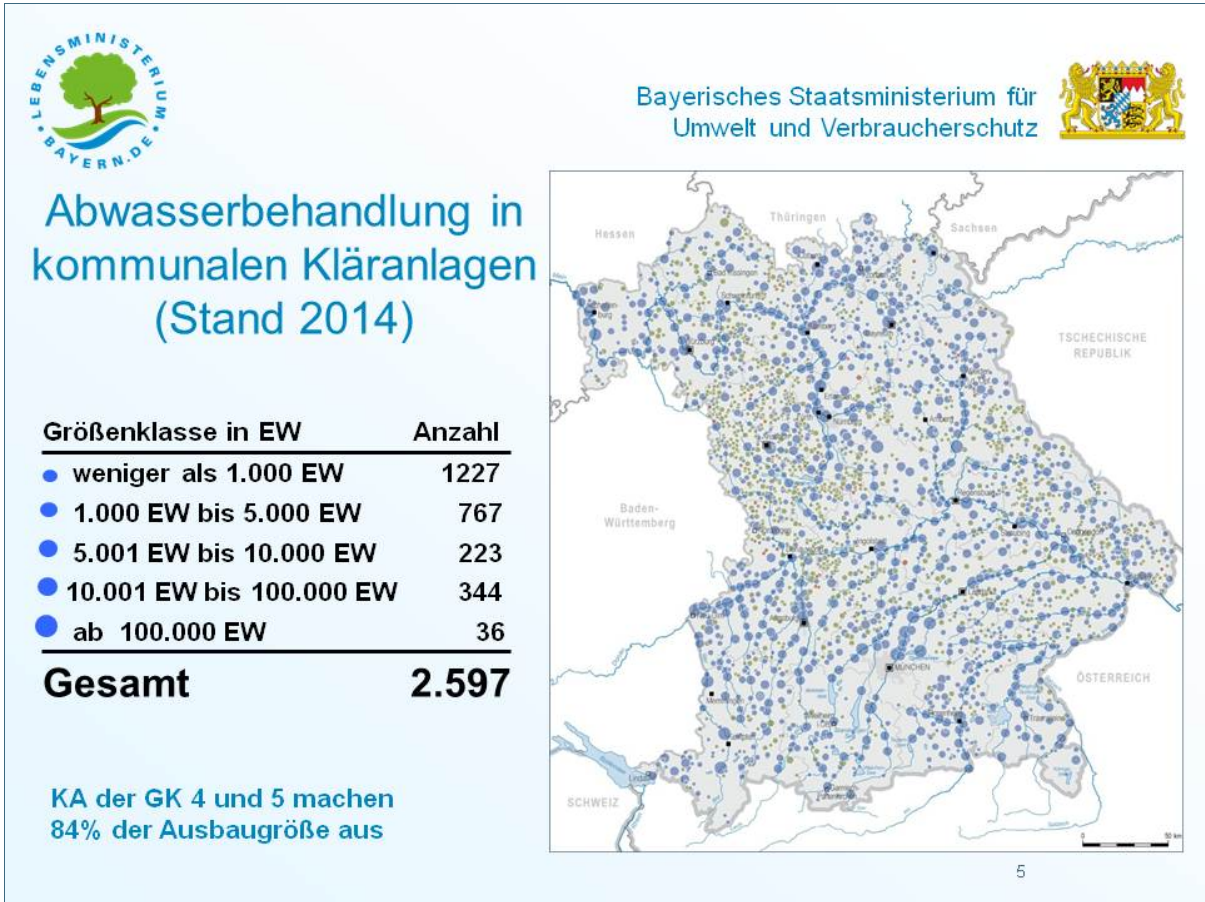


Abwasser ist eine Energiequelle

Annahme: 160 kWh/E a



Folie: 4





Pilotprojekt: Nachrüstung einer Faulung auf der Kläranlage in Bad Abbach (16.000 EW)



Folie: 7



Maßnahmen und Projekte des Landes Bayern

- Sonderprogramm „Energieanalysen von Kläranlagen“ (2009 - 2012)
- Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfaulung auf kommunalen Kläranlagen“ (2013-2014)
- LfU-Broschüre „Co-Vergärung auf kommunalen Kläranlagen“ (2011)
- LfU-Broschüre „Energie aus Abwasser – Ein Leitfaden für Kommunen“ (2013)
- Pilotprojekt „Deammonifikation in Ingolstadt“ (2010 - 2013)
- Pilotprojekt „Energetische Optimierung von Kläranlagen durch Nachrüstung einer anaeroben Klärschlammbehandlung“ in Bad Abbach (2011 - 2015)

Folie: 8



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



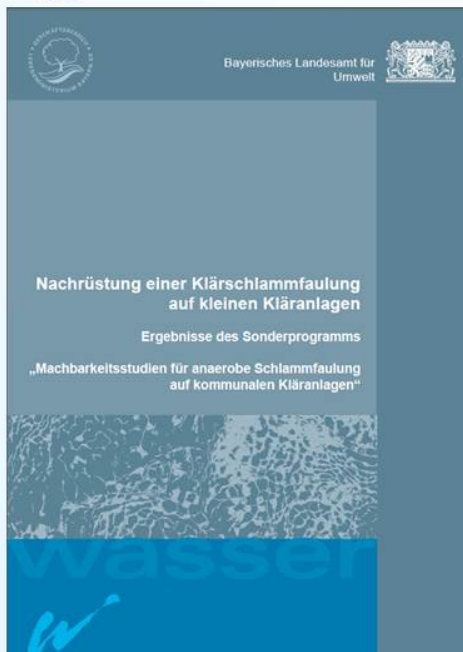
Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien“

- Programm zur Förderung von Machbarkeitsstudien zur Nachrüstung einer Faulung
- Ziel: Sensibilisieren für den verstärkten Einsatz der energieeffizienten Anaerobtechnik
- Insgesamt wurden 18 Studien (10.000 bis 25.000 EW) gefördert
- Bei 8 Anlagen war die Nachrüstung einer Faulung wirtschaftlich, bei 10 war der Weiterbetrieb als aerobe Stabilisierungsanlage wirtschaftlicher
- Spezifische Investitionskosten für die Nachrüstung (Medianwert der untersuchten Anlagen):
107 € / EW (Ausbaugröße)

Folie: 9



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Broschüre zum Sonderprogramm „Machbarkeitsstudien“

http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00113.htm

Folie: 10



Sonderprogramm Energieanalysen

- Programm zur Förderung von Energieanalysen auf kommunalen Kläranlagen ab 10.000 EW Ausbaugröße
- Insgesamt wurden 121 Energieanalysen erstellt
- Teilnehmende Kommunen erhielten Fördermittel in Höhe von rund 1 Mio. €
- Ergebnis der durchgeführten Energieanalysen:
 - Einsparpotenziale bei 97 % der untersuchten Anlagen
 - Stromeinsparungen von 17% möglich
 - Steigerung der Stromproduktion aus Faulgas um 25% möglich

Folie: 11



Optimierungsmöglichkeiten von Belebungsanlagen mit Faulung

- **Steigerung der Faulgasproduktion**
 - Optimierung der Durchmischung des Faulgasbehälters
 - Optimierung der Faulraumtemperatur (z.B. Isolierung)
 - Erhöhung der Aufenthaltszeit (z.B. durch Nachrüstung einer Überschussschlammeindickung)
 - ggf. Prüfung einer Klärschlammdeintegration
 - Zuführung zusätzlicher Substrate in den Faulbehälter
- **Steigerung der Effizienz der Stromproduktion**
 - Austausch ineffizienter BHKWs
 - Vermeidung von Teillastbetrieb

Folie: 12



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Broschüre zum Sonderprogramm Energieanalysen



http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00085.htm

Folie: 13



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Arbeitshilfe Co-Vergärung auf kommunalen Kläranlagen



http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_abfall_00181.htm

Folie: 14



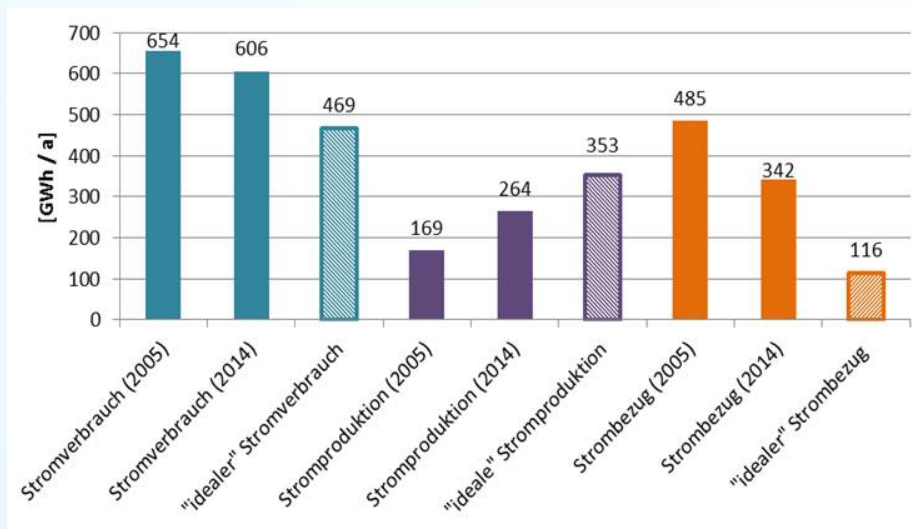
Generelle Entwicklungspotenziale

- Grundsatz: Anforderungen an die Abwasserreinigung nicht den Zielen der Energieeffizienz unterordnen
- Systemische Anpassungen angehen: Reduzierung des Abwasserzuflusses durch Verminderung des Fremdwasseranteils und Umstellung auf Trennsystem
- Schaffung größerer Einheiten
- Eigenstromerzeugung erhöhen
- Deammonifikation zur Prozesswasserbehandlung auf größeren Kläranlagen nutzen

Folie: 15



Potenziale bei Stromeinsparung und -produktion



Folie: 16

Erfahrungen bei Planung und Bau einer Faulung in Bad Abbach

Kai Christensen, BBI Beratende Ingenieure

Erfahrungen bei Planung und Bau der Faulung in Bad Abbach



Dipl.-Ing. Kai Christensen

16.09.2015

www.bbi-ingenieure.de



Inhalt

- Planungsgrundlagen
- Planungsaufgabe
- Angebotsverfahren
- Bau der Faulung

www.bbi-ingenieure.de



Ausgangssituation

- Erweiterung Kläranlage Bad Abbach von 10.000 auf 16.000 EW
- Weiterhin gemeinsame aerobe oder Umstellung auf getrennte anaerobe Schlammstabilisierung?
- Randbedingungen:
 - Steigende Strompreise
 - kostengünstige Behälterbauweisen im Biogassektor

www.bbi-ingenieure.de



Verfahren Klärschlammstabilisierung

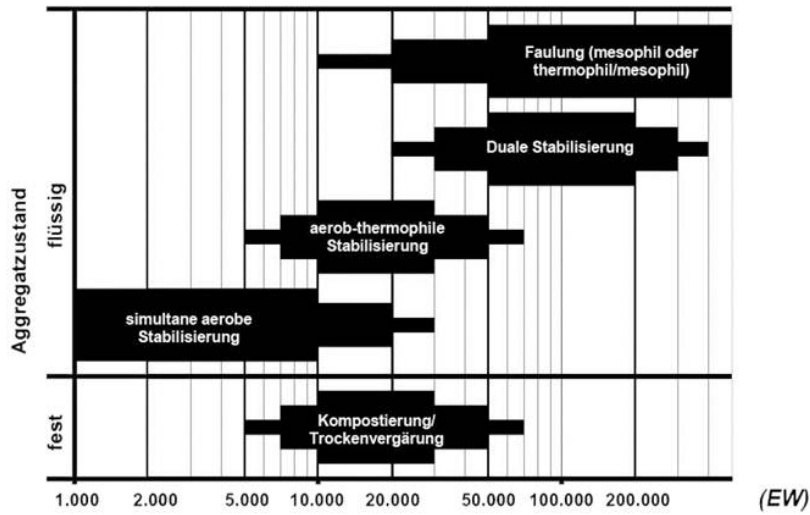


Bild 8: Empfohlene Einsatzbereiche für Verfahren zur Klärschlammstabilisierung

Quelle: Merkblatt DWA-M 368 „Biologische Stabilisierung von Klärschlamm“

www.bbi-ingenieure.de



Formen von Faulbehältern

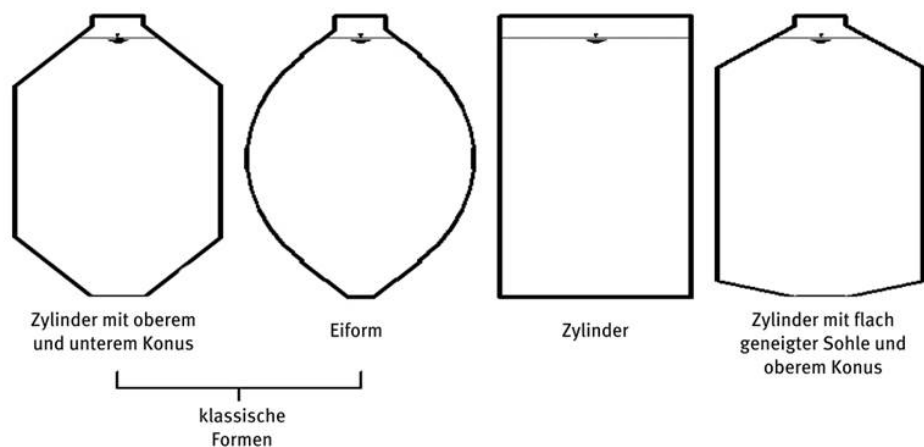


Bild 7: Grundformen von Faulbehältern

Quelle: Merkblatt DWA-M 368 „Biologische Stabilisierung von Klärschlamm“

www.bbi-ingenieure.de



Planung Faulbehälter

- Ausbaugröße 16.000 EW mit Faulbehälter?
- Investitionskosten klassischer Faulbehälter bei kleinen Kläranlage zu hoch
- Systembehälter aus der Biogastechnologie wesentlich kostengünstiger
- Nutzung Systembehälter als Faulbehälter möglich?

16.09.2015

www.bbi-ingenieure.de



Faulbehälter und Biogasreaktoren

	klassischer Faulbehälter	Reaktor Biogasanlage
Behälterform	Zylinder mit Konen oder Eiform	Zylinder
Umwälzung	Pumpen (+ Mischer)	Rührwerk
Heizung	außenliegende Wärmetauscher	innenliegende Heizung
Gasbehälter	getrennt, meist Niederdruck	aufgesetzt, drucklos
Verkehrsweg	Treppenturm	Leiter

www.bbi-ingenieure.de



Planungsaufgaben

- Faulbehälter als modifizierter Reaktor aus der Biogastechnologie mit Anpassungen
- Übernahme von
 - Form
 - Heizung
 - Gasbehälter
- Anpassung von
 - Umwälzung
 - Wärmedämmung
 - Verkehrswegen

Kostenvergleich

- Systembehälter als Faultürme sind wesentlich kostengünstiger
- Wirtschaftlichkeit als Einzelfallbetrachtung in Abhängigkeit von
 - sonstigem Handlungsbedarf
 - Entwicklung Zulauffrachten
 - Entwicklung Strompreis
- Wirtschaftlichkeit in Bad Abbach gegeben

Ausschreibung Faulbehälter

- Ausschreibung systemoffen mit funktionaler Leistungsbeschreibung
- Beschreibung von Anforderungen an
 - Funktion
 - Materialqualität
 - Sicherheit

Anforderungen Funktion

- Mindestvolumen Faulraum
- Mindestvolumen Gasspeicher
- Vollständige Durchmischung
- Begrenzung Stromverbrauch Umwälzung
- Austausch/Wartung Umwälzaggreat
- Begrenzung Wärmeverlust Oberfläche

Anforderungen Materialqualität

- Mindestanforderungen Materialqualität getrennt für
 - schlammberührte Bauteile
 - faulgasberührte Bauteile
 - sonstige Bauteile

Materialauswahl

- Behälter aus Stahl oder Stahlbeton möglich
- Nutzungsdauer nach LAWA
 - Betonkonstruktion 30 – (50) Jahre
 - Stahlkonstruktion 15 – 25 Jahre
- Stahlbehälter mit längerer Nutzungsdauer bekannt



Anforderungen Sicherheit

- Podeste für Kontroll- und Wartungsarbeiten
- Treppen als Zugang zu den Podesten
- Unfallverhütungsvorschriften
- Explosionsschutz-Regeln
- Sicherheitsregeln für Biogasanlagen



www.bbi-ingenieure.de



Ausschreibung nach VOB/A

- Systemhersteller auf VOB hinweisen
- Ausschlussgründe deutlich benennen
- Ausschluss wg. Standardangeboten verhindern

Vielen Dank für Ihre Anfrage.
Unter ausschließlicher Geltung unserer anliegenden Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Gewährleistung:

- Blockheizkraftwerk
 - 1 Jahr Gewährleistung; max. 8.000 Bh
 - 2 Jahre mit einem vom Hersteller unterschriebenen Wartungsvertrag
- Behälter
 - 4 Jahre incl. Dach
- Rührwerke
 - 1 Jahr; max. 4.500 Bh
- Auf **alle anderen Maschinenbauteile** gewährt der Auftragnehmer **1 Jahr Gewährleistung** mit Ausnahme der Verschleißteile.

Zahlungsplan:
- 50% bei Auftragserteilung
- 40% bei Lieferung
- 10% bei Abnahme, spätestens 3 Monate nach letzter Lieferung

6. **Unterstützung vor [redacted] durch Übernahme von Tätigkeiten bei der Montage.**
Die insoweit vom AG zu stellenden Hilfskräfte – Anzahl ergibt sich aus dem Angebot – müssen für die Unterstützung bei der Montage qualifiziert sein. **Bereitstellung von Transportgeräten – dauerhaft und frei verfügbar** - (Frontlader o. ä.) für Montagearbeiten und Transport bis zu 2.000 kg Tragkraft.

7. **Bereitstellung eines Krans** zum Abladen und Durchführung der Montage mit Tragkraft für 50 To. Die Bereitstellung erfolgt nach Absprache.

www.bbi-ingenieure.de



Aufbau Systembehälter



- Systembauweise mit Vorteilen bei Bauzeit



16.09.2015

www.bbi-ingenieure.de



Ausstattung

- Rührwerk demontierbar
- Heizung innenliegend



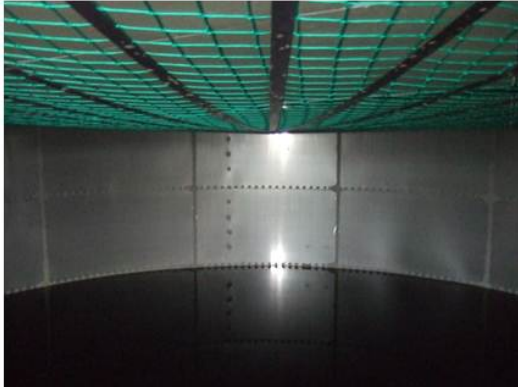
16.09.2015

www.bbi-ingenieure.de



Wärmedämmung - Besonderheiten

- Rohrhalterungen GFK
- Isolierung Dach



16.09.2015

www.bbi-ingenieure.de



Fazit

- Angepasste Systembehälter aus der Biogastechnologie als Faulbehälter auf Kläranlagen einsetzbar
- durch funktionale Leistungsbeschreibung können Systembehälter angeboten werden
- Preisvorteile Systembehälter können zur Wirtschaftlichkeit von kleinen Faulungsanlagen führen

www.bbi-ingenieure.de



Betriebsergebnisse des Pilotvorhabens Bad Abbach

Detlef Wedi, Andreas Fiedler, Nicole Michalski, Ing.- Büro ATM

**Betriebsergebnisse
des Pilotvorhabens Bad Abbach**



**Dipl.-Ing. Detlef Wedi
Andreas Fiedler
Dipl.-Biotechnol. Nicole Michalski**

1 *Betriebsergebnisse des Pilotvorhabens Bad Abbach* 01. Oktober 2015

Projektbeteiligte

	Markt Bad Abbach Raiffeisenstraße 72 93077 Bad Abbach		BBI Bauer Beratende Ingenieure GmbH Heinkelstraße 3 93049 Regensburg
	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Rosenkavalierplatz 2 81925 München		Elo-Consult Elektrofachplanungs-GmbH Kaiser-Karl-V.-Allee 23 93077 Bad Abbach
	Bayerisches Landesamt für Umwelt Bürgermeister-Ulrich-Straße 160 86179 Augsburg		Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Prof. Dr.-Ing. O. Christ Markgrafenstraße 16 91746 Weidenbach
	Wasserwirtschaftsamt Landshut Seligenthaler Straße 12 84034 Landshut		Ing.-Büro ATM Dipl.-Ing. D. Wedi Friedrich-Seele-Straße 1b 38122 Braunschweig

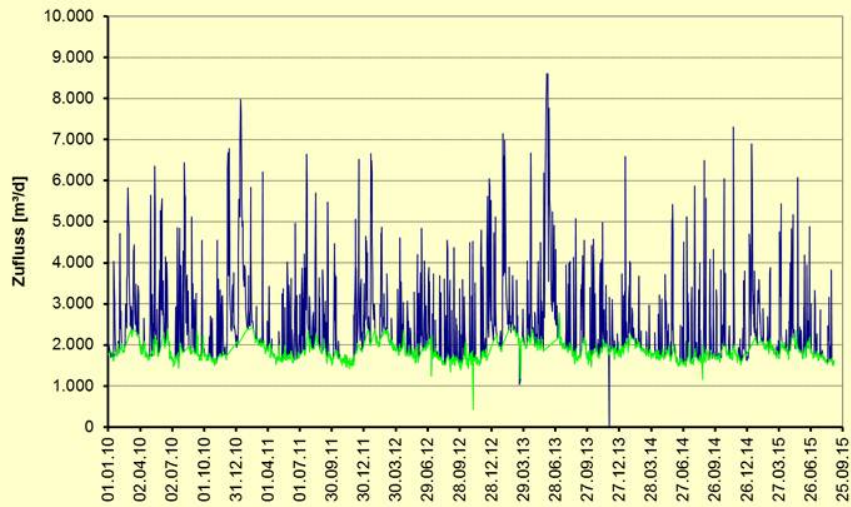
Vielen Dank für die gute Zusammenarbeit an alle Projektbeteiligten.

Ein besonderer Dank geht an dieser Stelle auch an
Frau Eckl, Frau Veenhuis und Herrn Brunnhuber,
die Ihre Bachelor-Arbeiten im Rahmen des Pilotprojekts absolviert und
mit den Ergebnissen zum Gelingen des Projektes beigetragen haben.

Übersicht

- Belastungssituation
- Leistung Vorreinigung
- Ablaufwerte
- Betrieb Belegung
- Schlammfall
- Gasproduktion
- Stromproduktion/-verbrauch
- Wärmebilanz
- Energiebilanz
- Ökobilanz
- Messtechnik
- Fazit

Gesamt- und Trockenwetterzufluss



- keine Veränderung des Zuflusses im Bewertungszeitraum (2010 - 2015)
 - mittlerer Gesamtzufluss: 2.400 m³/d
 - mittlerer Trockenwetterzufluss: 1.829 m³/d

Belastung Kläranlage und Leistung Vorklärung

Zuflüsse:

		Zufluss	Durchflusszeit [h]
mittl. Gesamtzufluss	m ³ /d	2.400	1,6
mittl. Trockenwetterzufluss	m ³ /d	1.829	2,1
max. Zufluss	m ³ /h	480	0,33
max. Trockenwetterzufluss	m ³ /h	180	0,88



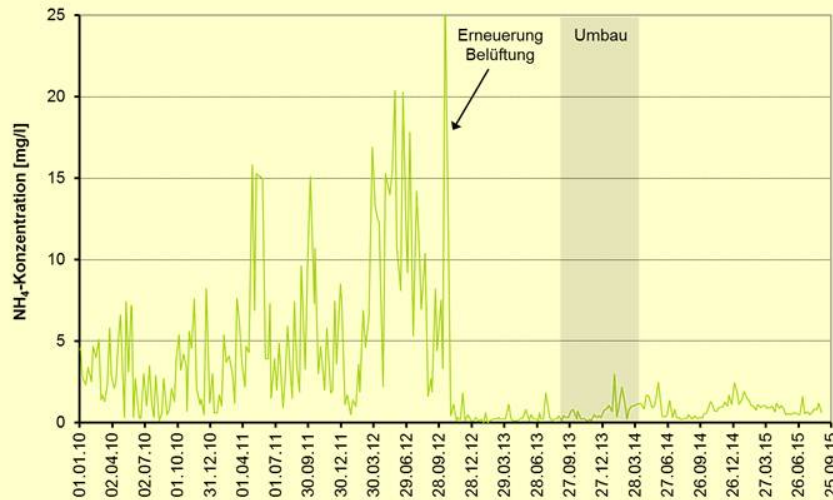
Schmutzfrachten (Mittel):

		Rohabwasser	Ablauf Vorklärung *	Elimination
CSB	kg/d	1.380	754	45%
BSB ₅	kg/d	752	396	47%
abfiltr. Stoffe	kg/d	554	112	80%
N _{ges}	kg/d	116	110	5%
P _{ges}	kg/d	19,1	14,2	26%

* incl. Rückbelastung aus Schlammwässerung

Mittlere Belastung: 11.500 EW

Ammonium im Ablauf



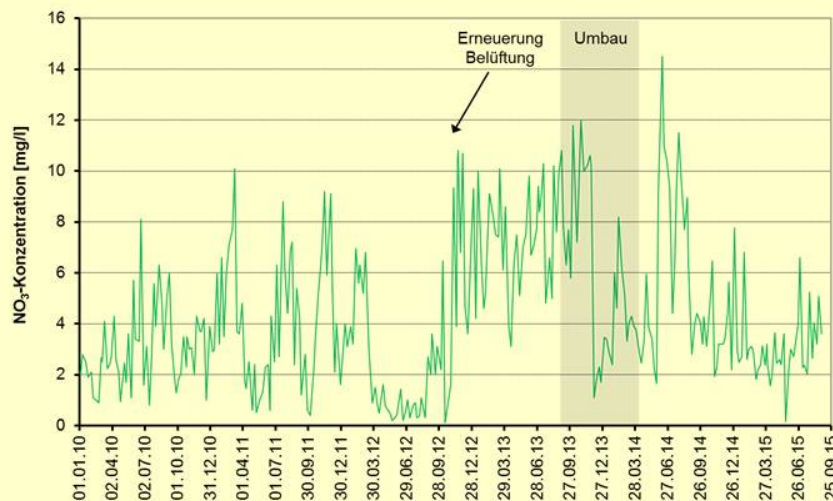
- Die NH_4 -Konzentration im Ablauf lag mit neuer Belüftung unabhängig von der Betriebsweise $< 2,5$ mg/l.
- Dabei wurde die Anlage nach der Verfahrensumstellung z.T. nur mit Nitrifika-Anteilen von 30 - 35% betrieben.

6

Betriebsergebnisse des Pilotvorhabens Bad Abbach

01. Oktober 2015

Nitrat im Ablauf



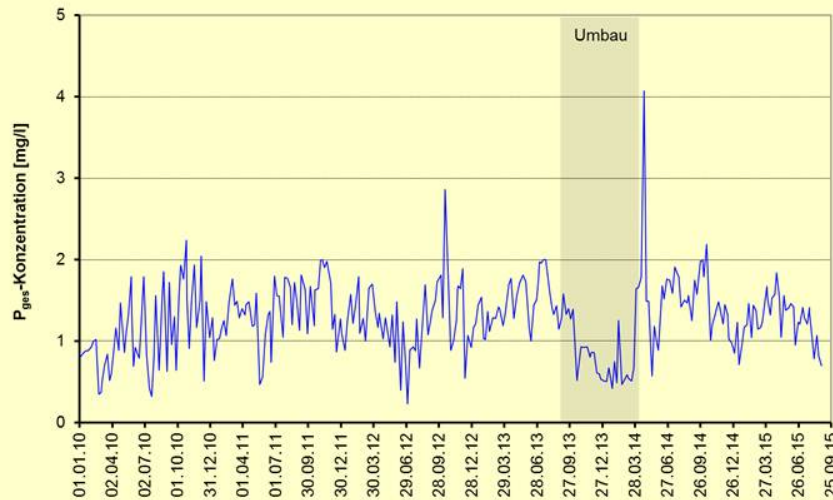
- Einseitige Entfernung der Organik in der Vorklärung und Rückbelastung aus der Schlammwässerung führt zu Verringerung des CSB/N-Verhältnisses im Zulauf der Belebung (ungünstig für Denitrifikation).
- Durch Anpassung der Regelung, Erhöhung des Deni-Anteils auf 60 - 65% und alternierende Beschickung der beiden Becken liegen die Ablaufwerte weiterhin bei: NO_3 : 2 - 6 mg/l und N_{anorg} : 4 - 8 mg/l.

7

Betriebsergebnisse des Pilotvorhabens Bad Abbach

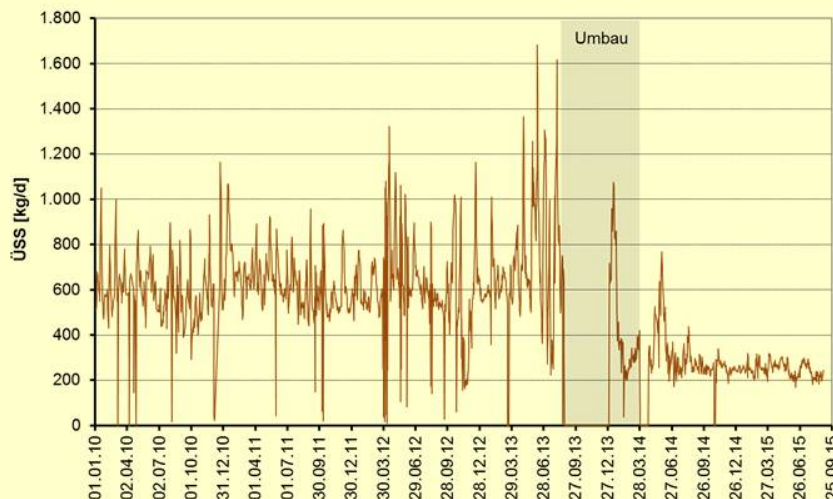
01. Oktober 2015

Phosphat im Ablauf



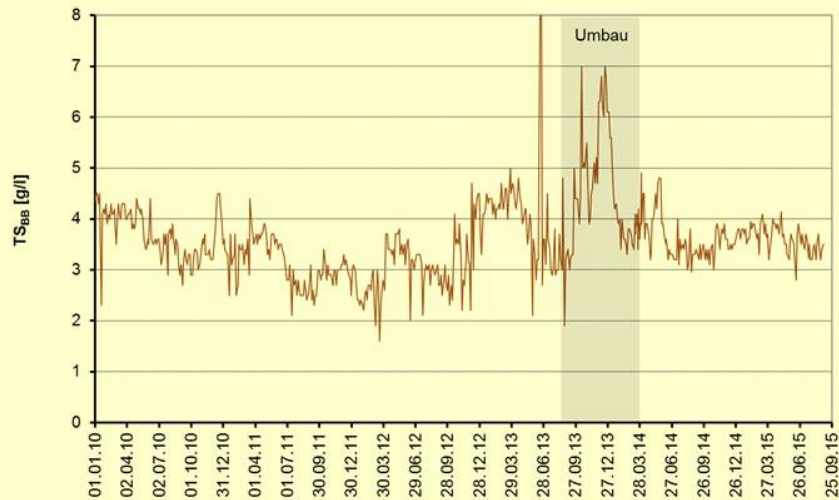
- Durch Verfahrensumstellung verschieben sich die Relationen von Organik und Phosphor im Zulauf zur Belebung.
- Dieses wirkt sich auf die biologische Phosphorelimination aus.
- Für eine gleichbleibend niedrige P_{ges} -Konzentration im Ablauf von $< 2 \text{ mg/l}$, war eine Erhöhung der Fällmitteldosierung von einem β -Wert von 0,7 auf 1,0 (bezogen auf die P-Fracht im Rohabwasser) erforderlich.

Schlammanfall



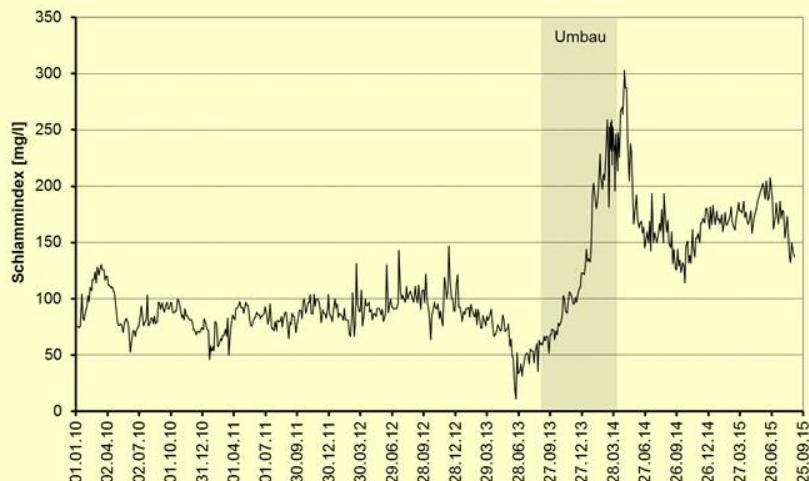
- **Überschussschlammanfall:**
 - bei aerober Stabilisierung: 614 kg/d bzw. 53 g/(E-d)
 - nach der Verfahrensumstellung: 267 kg/d bzw. 23 g/(E-d)
- Primärschlamm: 499 kg/d bzw. 43 g/(E-d)
- Faulschlamm: 479 kg/d bzw. 42 g/(E-d)

Schlammalter



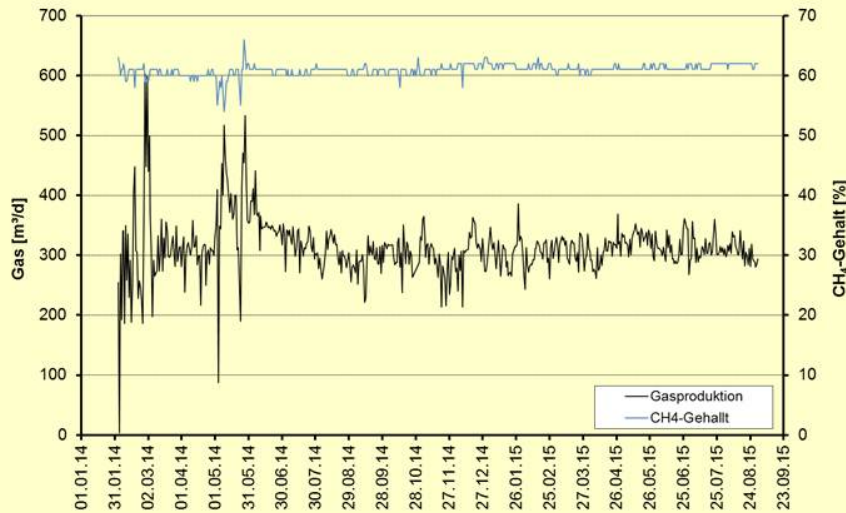
- Die Belegung wurde mit einem gleichbleibenden Feststoffgehalt von im Mittel 3,4 g/l betrieben.
- Es ergibt sich ein mittleres Schlammalter von:
 - vor dem Umbau: 17 Tagen
 - nach der Verfahrensumstellung: 38 Tagen

Schlammindex



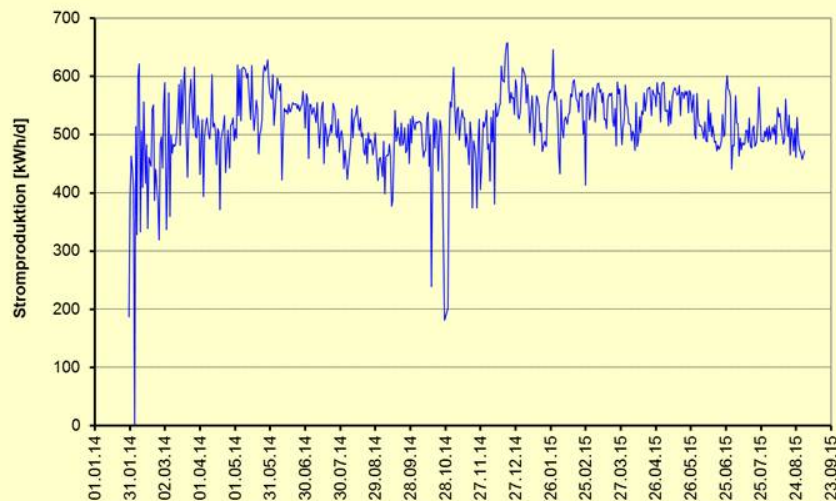
- Nachhaltige Auswirkungen der Verfahrensumstellung auf den Schlammindex.
- Vor der Verfahrensumstellung lag der Schlammindex weitgehend ohne typisch jahreszeitliche Schwankungen bei lediglich 60 - 110 ml/g.
- Nach der Verfahrensumstellung Anstieg auch im Sommer auf 150 - 160 ml/g.
- Gezielte Beeinflussung der Schlammigenschaften mit unterschiedlichen Fällungsmitteln erforderlich.
- Belebtschlamm reagiert sensibler auf äußere Einflüsse, z.B. Temperatur.

Gasanfall



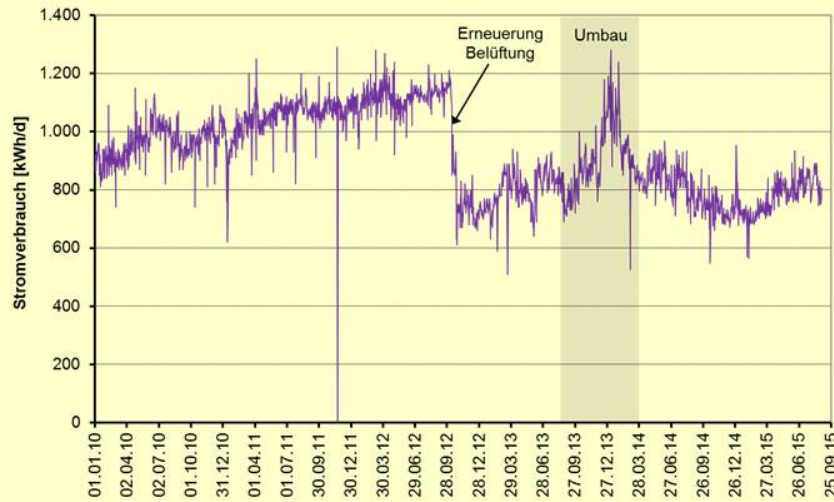
- Mittlere Gasproduktion: 315 m³/d bzw. 27,4 l/(E·d)
- Methangehalt: 61%
- Durch ein angepasstes Energie- und Gasmengenmanagement wird das produzierte Faulgas nahezu vollständig zur Eigenstromerzeugung genutzt.
- Eine Entfernung von Siloxanen aus dem Faulgas ist erforderlich.

Stromproduktion



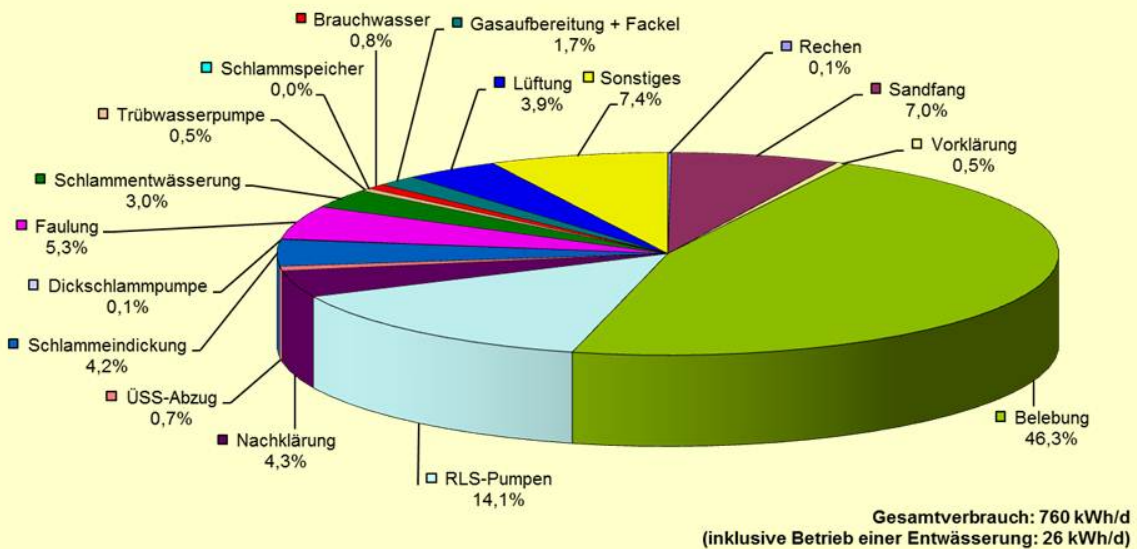
- Mittlere Stromproduktion: 520 kWh/d
- Der effektiv nutzbare spezifische Stromertrag der zeitweise auch in Teillast betriebenen Anlage liegt bei 1,68 kWh/m³_{Faulgas}
- Dabei zeigt sich ein Unterschied zwischen Sommer- und Winterbetrieb.

Stromverbrauch



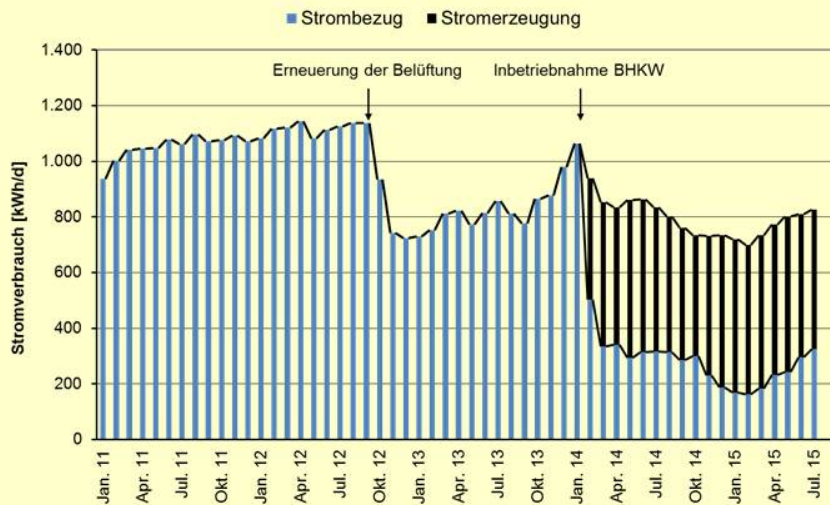
- Gesamtstromverbrauch für den Betrieb der Anlage mit aerober Stabilisierung (mit ÜS-Eindickung, jedoch ohne eigene Schlammwässerung):
800 kWh/d bzw. 25,4 kWh/(E·a).
- Stromverbrauch der modifizierten und optimierten Kläranlage einschließlich Schlammwässerung:
760 kWh/d bzw. 24,1 kWh/(E·a)

Stromverbrauch nach Umbau



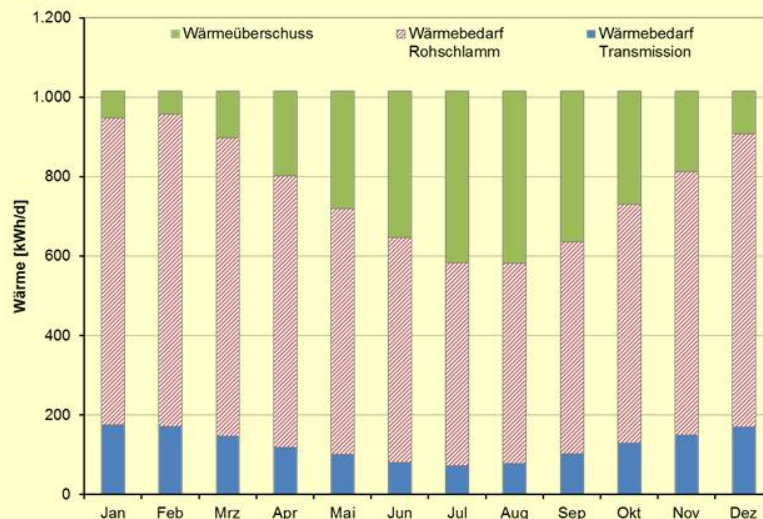
- Infolge der konsequenten Energieanalyse und Optimierung aller Anlagenteile ergibt sich mit einem spez. Stromverbrauch von 24,1 kWh/(E·a) ein für diese Größenklasse sehr niedriger Wert.

Stromverbrauch



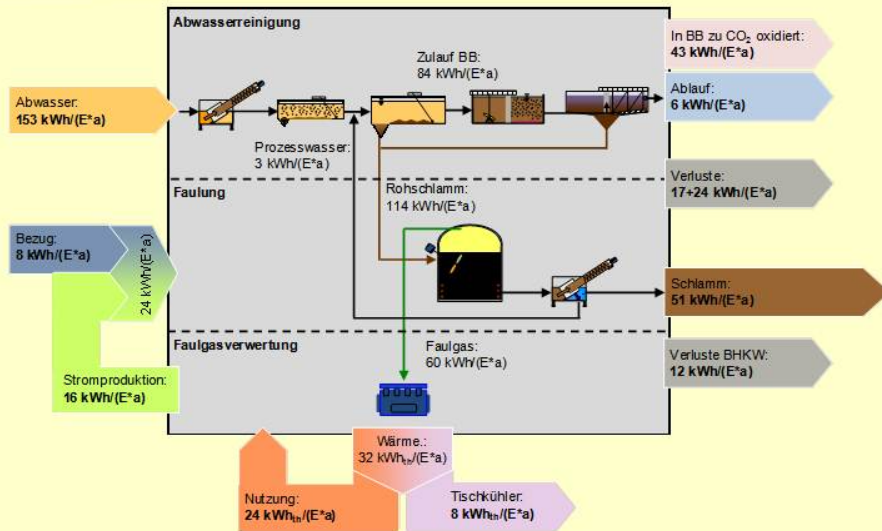
- Durch die Verfahrensumstellung und Optimierung konnte der Strombezug auf 250 kWh/d bzw. 7,9 kWh/(E-a) reduziert werden.
- Der Eigenstromversorgungsgrad liegt bei 67%.

Wärmemengen BHKW und Notkühler



- Es ist ganzjährig Wärme für die Aufheizung des Rohschlammes und den Ausgleich der Transmissionsverluste des Faulbehälters erforderlich.
- Der Wärmebedarf für den Faulbehälter ergibt sich zurzeit im Jahresmittel zu 775 kWh/d und in den Wintermonaten bis zu ca. 950 kWh/d.
- Dem steht bei einem Gasanfall von durchschnittlich 315 m³/d ein verfügbares Wärmepotential von ca. 1.020 kWh/d gegenüber.

Energiebilanz nach Umbau



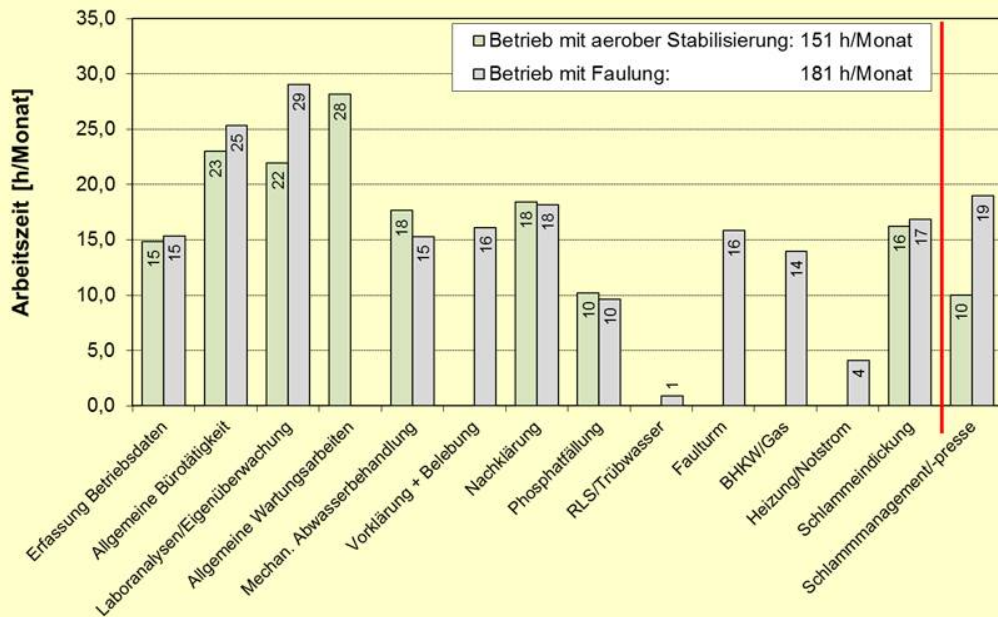
- Im Abwasser ist Energie in verschiedenen Formen gespeichert: chemische, thermische und potenzielle Energie.
- Für die Energienutzung auf Kläranlagen ist i. W. die in den energiereichen Kohlenstoffverbindungen gespeicherte chemische Energie von Bedeutung.
- Es können hier rd. 30% dieser Energie in nutzbare Energie als Summe aus elektrischer Energie und Wärmeenergie umgewandelt werden.

Zusammenfassung Betriebsergebnisse

		Einheit	Simultan aerobe Stabilisierung	Anaerobe Stabilisierung
Schlammfall	Primärschlamm	kg TR/d		499
	Überschussschlamm	kg TR/d	614	267
	Faulschlamm	kg TR/d		479
Betrieb Faulung	Faulzeit	d		35
	TR- bzw. oTR-Abbau	%		38 / 51
	Gasproduktion	m ³ /d		315
	spez. Faulgasproduktion	l/(E·d)		27,4
	CH ₄ -Gehalt	%		61
Betrieb BHKW	Stromerzeugung	kWh/d		520
	spez. Stromertrag	kWh/m ³		1,68
Stromverbrauch	Gesamtstromverbrauch	kWh/d	800 *	760 **
	spez. Stromverbrauch	kWh/(E-a)	25,4 *	24,1 **
	Strombezug	kWh/d	800	250
	spez. Strombezug	kWh/(E-a)	25,4	7,9
	Eigenversorgungsgrad	%		67

* mit ÜS-Eindickung, ohne bzw. ** mit Betrieb einer Schlammmentwässerung (ohne Rohabwasserhebewerk)

Personalaufwand



- Der Personalaufwand erhöht sich durch die Verfahrensumstellung aufgrund der komplexeren Verfahrenstechnik um ca. 30 h/Monat.

Messtechnik

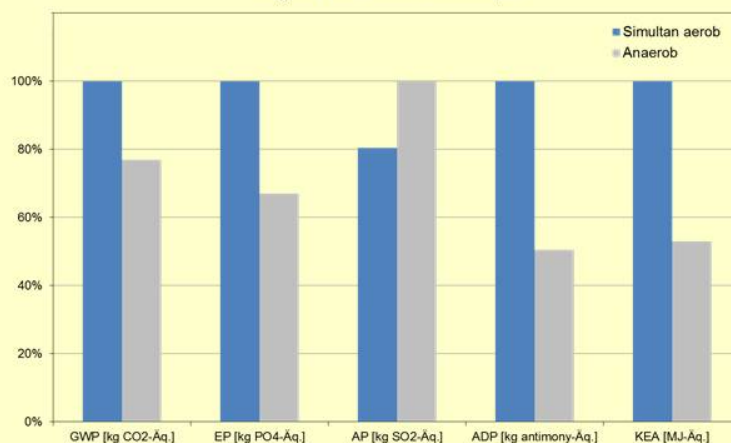
Art / Parameter	Messstelle	Kosten in €	für Anaerobverfahren	
			erforderlich	empfohlen
CSB, kont.	Ablauf	16.000	nein	nein
Feststoffgehalt	Primärschlamm	8.000	nein	nein
Armatur, schnell schließend	Primärschlamm	6.000	ja	ja
Schieber, elektr.	Ablauf VK	9.000	nein	ja
Mengenmessung	Primärschlamm	4.000	ja	ja
Mengenmessung	Ablauf Eindickung	4.000	ja	ja
aut. Probennehmer	Ablauf	8.000	nein	nein
NH ₄ -N, kont.	Belebung 1 und 2	8.000	nein	ja (1)
NO ₃ -N, kont.	Belebung 1 und 2	6.000	nein	ja (1)
Feststoffgehalt	Belebung 1 und 2	3.000	nein	ja
verfahrenstechnischer Regler	Belebung	14.000	nein	ja
Gasmengenmessung	Faulgas	6.000	ja	ja
Methankonzentration, kont.	Faulgas	2.000	nein	nein
Wärmemengenzähler	Heizkreislauf	3.000	nein	nein
Energiemanagement	Schaltanlage	5.000	ja	ja

Ökobilanz

- Neue Untersuchung für einen solchen Verfahrensvergleich
- Erstellung von Sachbilanzen und Wirkungsmechanismen
- Cradle-to-cradle Betrachtung: Bau, Betrieb, Entsorgung sowie Verwertung
- Bilanzierungszeitraum: 30 Jahre
- Für Bauwerke und technische Ausrüstung gelten die üblichen Nutzungszeiträume für Bau und Ausrüstung
- Bewertung wesentlicher Unterschiede der Verfahren zur Schlammstabilisierung
- Massebezogene Berücksichtigung der Bestandteile von Bauwerken und technischer Ausrüstung
- Berücksichtigung verfahrensbedingter Emissionen von Nitrat, Methan und Lachgas (N₂O: Annahme)
- Gutschriften entstehen aus der Verstromung des anfallenden Faulgases und der Klärschlammverbrennung (Verbr.: Annahme)
- Betrachtung von 5 Wirkungskategorien: Treibhauspotential, Eutrophierungspotential, Versauerungspotential, Ressourcenbeanspruchung und Kumulierter Energieaufwand

Ökobilanz

Vergleich der Umwelteinwirkungen



GWP Treibhauspotential
EP Eutrophierungspotential
AP Versauerungspotential
ADP Ressourcenbeanspruchung
KEA Kumulierter Energieaufwand

- Es ergibt sich ein Vorteil zugunsten der anaeroben Stabilisierung bei 4 der 5 untersuchten Kategorien.
- In allen Kategorien dominieren die Umwelteinwirkungen aus der Betriebsphase.
- Es liegt ein großer Einfluss der Belastung durch die Herstellung des Fällmittels und die Stromgewinnung sowie die verfahrensbedingten Emissionen vor.
- Die Ergebnisse sind stark von Datengrundlage und getroffenen Annahmen abhängig.

Zusammenfassung

- Mit der Kläranlage in Bad Abbach steht eine umfassend untersuchte Referenzanlage für den Einsatz der Anaerobtechnik auch bei kleineren Anlagen zur Verfügung.
- Die nur für die Verfahrensumstellung erforderlichen Gesamtinvestitionen für die nominelle Ausbaugröße von 16.000 EW betragen 81 €/E und sind aus dem Vergleich ähnlicher Projekte durchaus als repräsentativ anzusehen.
- Es ergab sich ein spez. Energieverbrauch von nur 24 kWh/(E·a). Gemäß DWA A-216 weisen lediglich 15% aller Kläranlagen in der Größenklasse 4 einen noch geringeren Energieverbrauch auf.
- Aus der durchschnittlichen Produktion von 520 kWh/d ergibt sich ein Eigenstromanteil von 67%.
- Der Strombezug reduziert sich damit im Vergleich zum Referenzzustand von 25 kWh/(E·a) auf nur noch ca. 8 kWh/(E·a).
- Hinsichtlich der Ablaufkonzentrationen ergaben sich für alle Überwachungswerte keine relevanten Unterschiede zum Referenzzustand.
- Der Schlammanfall verringerte sich durch die Verfahrensumstellung um rund 25%.

Zusammenfassung

- Der bisherige Betrieb der nachgerüsteten Anlage zeigt eine hohe Prozessstabilität, so dass bereits im ersten Betriebsjahr 97% des anfallenden Faulgases mithilfe des BHKWs energetisch verwertet werden konnten.
- Für einen energetisch optimierten Betrieb der Anlage mit anaerober Stabilisierung und Eigenstromerzeugung ist ein angepasstes Energie- und Gasmengenmanagement dringend erforderlich.
- Zusammenfassend ist festzuhalten, dass auch aufgrund der konstruktiven Zusammenarbeit aller Beteiligten sämtliche Projektziele erreicht bzw. in vielen Bereichen deutlich übertroffen wurden.

Ergebnisse des Pilotvorhabens in Bad Abbach

Prof. Dr.-Ing. Oliver T. Christ, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Fachtagung
Nachrüstung einer Faulung
bei kleinen Kläranlagen

Donnerstag, 1. Oktober 2015

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-TRIEDORF
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Ergebnisse des Pilotvorhabens in Bad Abbach

Prof. Dr.-Ing. Oliver T. Christ,
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Projekt-Veranlassung

Energie-Drei-Sprung mit Abwasser



1. Sprung: Einsparung von Energie

- ➔ betrieblich angepasste, verringerte Laufzeiten aller Aggregate

2. Sprung: Steigerung der Energieeffizienz

- ➔ Optimierung der Maschinen- und Verfahrenstechnik

3. Sprung: Ersatz fossiler Energieträger

- ➔ Nutzung von Niedertemperaturwärme
- ➔ Nutzung von Lageenergie
- ➔ Nutzung von Bioenergie aus Reststoffen

aus: LfU-Leitfaden „Energie aus Abwasser“, 06/2013

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

Problemstellung



- » Insgesamt beträgt der Strombezug bayerischer Kläranlagen rund 630 GWh, was dem Jahresverbrauch von 180.000 Haushalten entspricht.
- » 25 % bis 50 % der kommunalen Stromrechnung gehen derzeit zu Lasten des Kläranlagenbetriebs, der damit oft der größte Einzelverbraucher vor Schulen, Verwaltungsgebäuden und Straßenbeleuchtung ist.
- » Eine Kläranlage kann bei verfahrenstechnisch optimalem Betrieb aus dem Abwasser über die Faulgasnutzung nahezu den gesamten benötigten Strom gewinnen.

aus: LfU-Leitfaden „Energie aus Abwasser“, 06/2013

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

3

Lösungsansatz

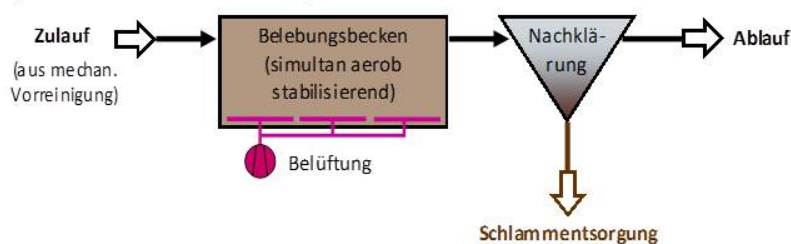


- » Umrüstung von Kläranlagen ohne Faulgasgewinnung hin zu stromproduzierenden Anlagen!
- » Das heißt Umrüstung „Aerobe simultane Schlammstabilisierung“ ZU „Schlammfaulung mit Klärgasgewinnung“
- » Rund 100 Kläranlagen könnten in Bayern umgerüstet werden

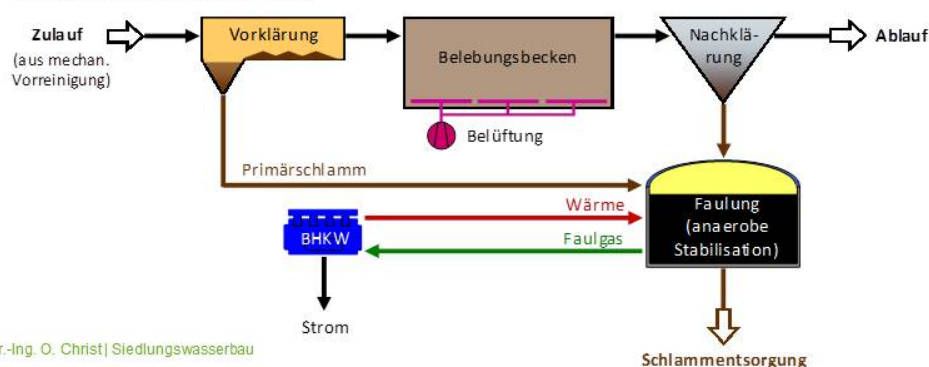
Verfahrensunterschiede



- » Belebtschlamm-Verfahren mit **aerober simultaner Schlammstabilisierung** (derzeit bis rund 25.000 EW)



- » Belebtschlammverfahren mit **anaerober Schlammstabilisierung (Faulung)** (derzeit ab rund 25.000 EW)



Verfahrensunterschiede

aerobe vs. anaerobe Stabilisierung

- » Vorteile „aerobe Schlammstabilisierung“
 - › einfacher Betrieb
 - › geringe Investitionen in die maschinentechnische Ausrüstung

- » Vorteile „anaerobe Schlammstabilisierung = Faulung“
 - › geringe Belebungsbeckenvolumina (- 40 bis 50 %)
 - › geringer Sauerstoffbedarf durch
 - › kurze Schlammalter (ca. - 15 %)
 - › geringere Belastung der Belebung durch Primärschlammabtrennung (ca. - 25 %)
 - › Eigenstromerzeugung (+ 100 %)
 - › geringerer Schlammanfall (- 25 %)

Bis dato offene Fragen

- » Wirtschaftlicher Nutzen der Umrüstung
- » Ökologischer Nutzen der Umrüstung
- » Verfügbarkeit und Kosten geeigneter Maschinen- und Anlagentechnik
 - › Vorklärung
 - › Faulbehälter
 - › BHKW
 - › Eindickung / Entwässerung
- » Betrieblich-verfahrenstechnische Besonderheiten
 - › Absetzeigenschaften des Belebtschlammes
 - › Schlammengen
 - › Ablaufwerte
 - › Strom- und Wärmebilanz
 - › Personalbedarf

Maßnahmen des StMUV

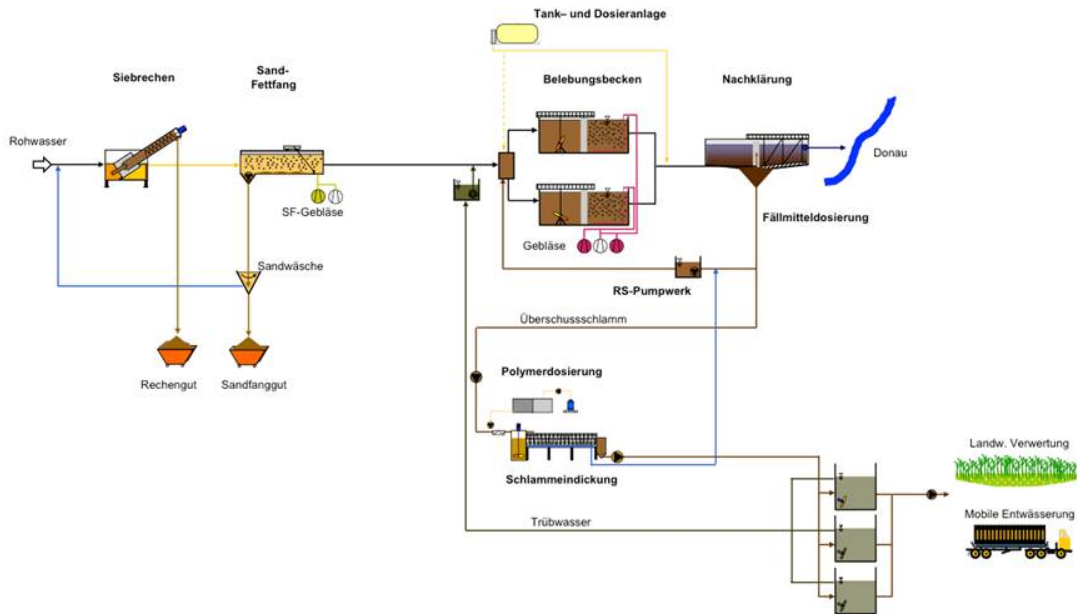
- » Start des Pilotprojekts mit wissenschaftlich-technischer Begleitung im Jahr 2011
- » Ausgewählte Kläranlage: Bad Abbach

Ausgangssituation KA Bad Abbach

- » Inbetriebnahme im Jahr 1992
- » Ursprüngliche Ausbaugröße 10.000 EW
- » Aerobe simultane Stabilisierung des Schlammes
- » Derzeitige Belastung 14.200 EW
- » Volumen der Belebung im Jahr 2011 nicht mehr ausreichend, um den Schlamm zu stabilisieren (Schlammalter deutlich zu kurz)
- » Es müssten zusätzlich 3.500 m³ Belebungs-Volumen gebaut werden, um das Ziel der Stabilisierung zu erreichen
- » Die künftige Ausbaugröße der Kläranlage beträgt 16.000 EW

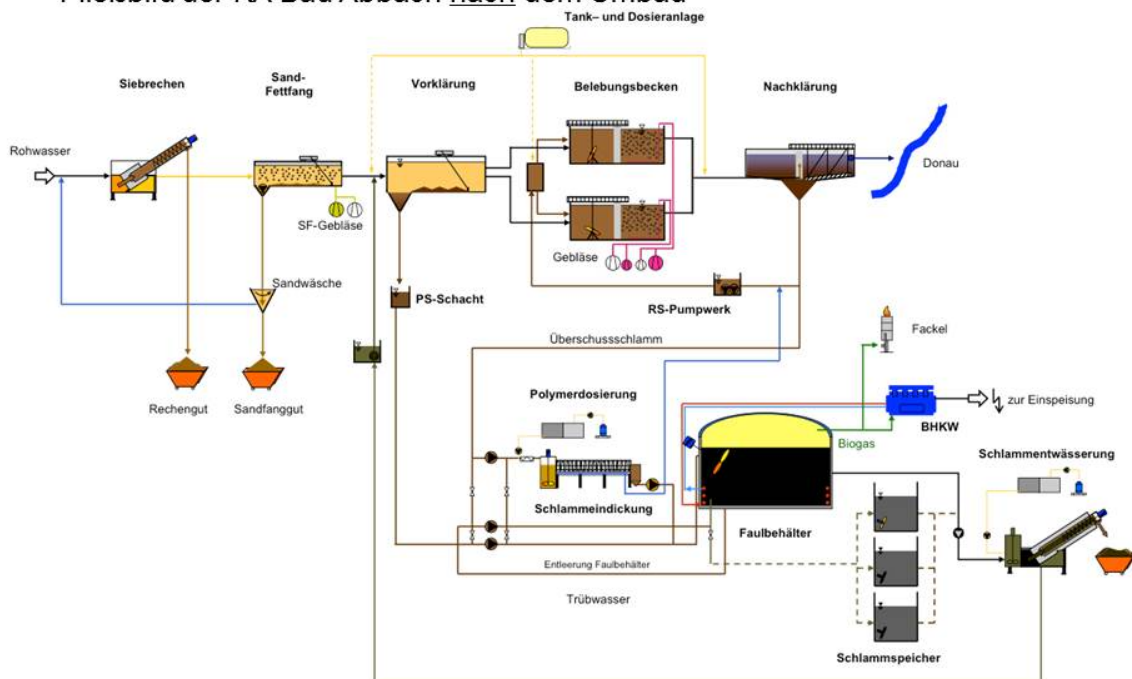
Ausgangssituation

Fließbild der KA Bad Abbach vor dem Umbau



Nach Umrüstung

Fließbild der KA Bad Abbach nach dem Umbau

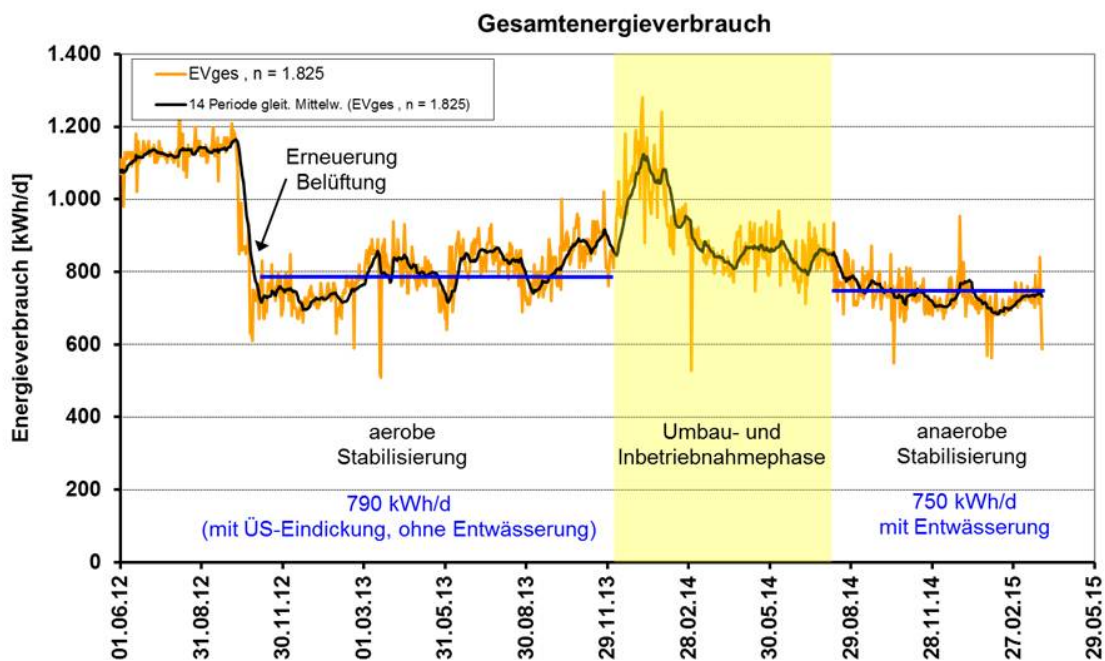


Ausgewählte Ergebnisse



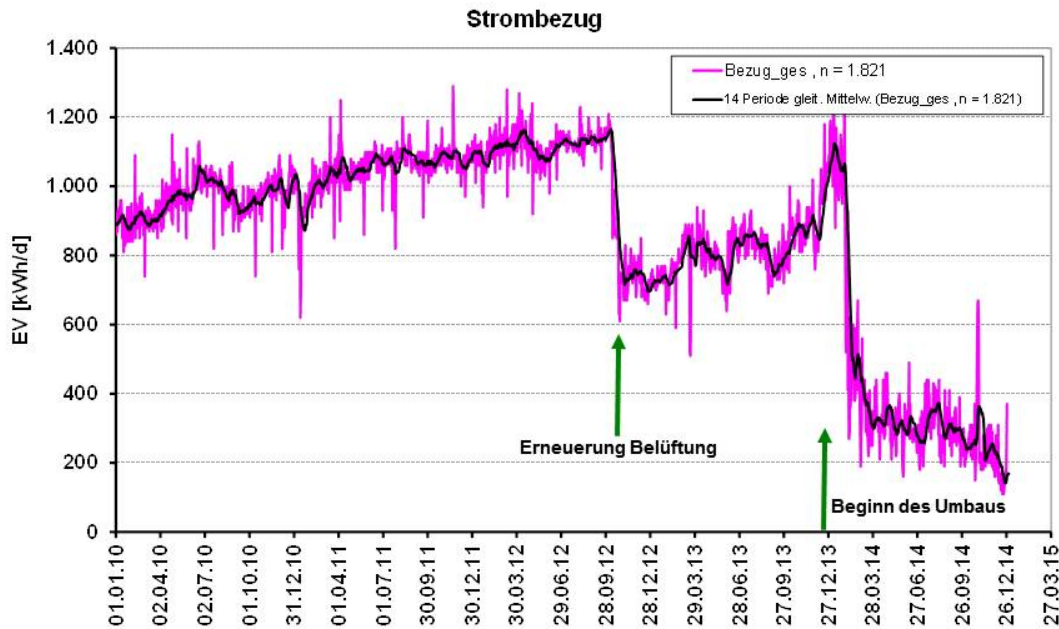
- » Stromverbrauch
- » Strombezug
- » Wirtschaftlichkeit
- » Ökobilanz

Betriebsergebnisse Gesamtstrom-Verbrauch



Betriebsergebnisse

Gesamtstrom-Bezug

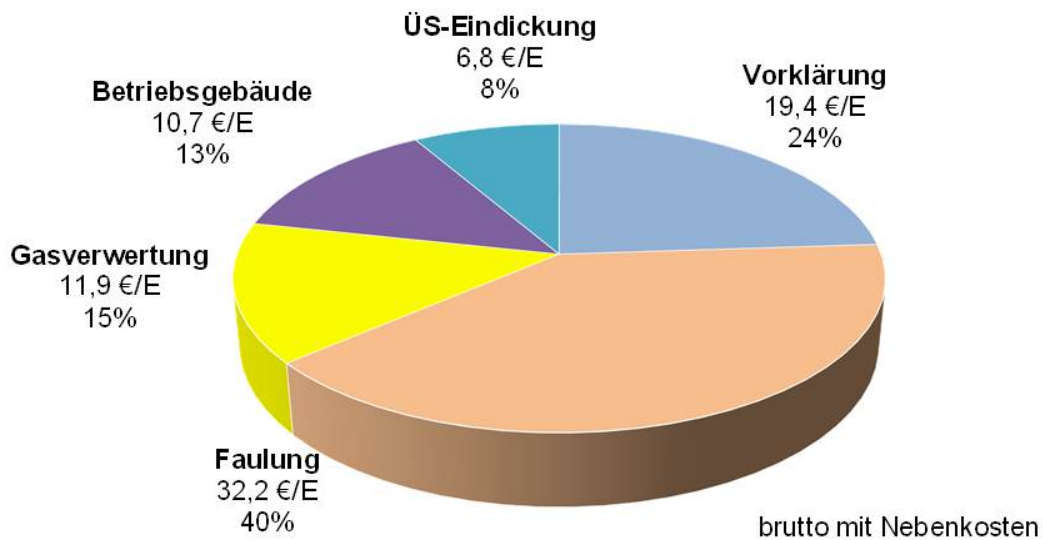


Wirtschaftlichkeit

spezifische Investitionen

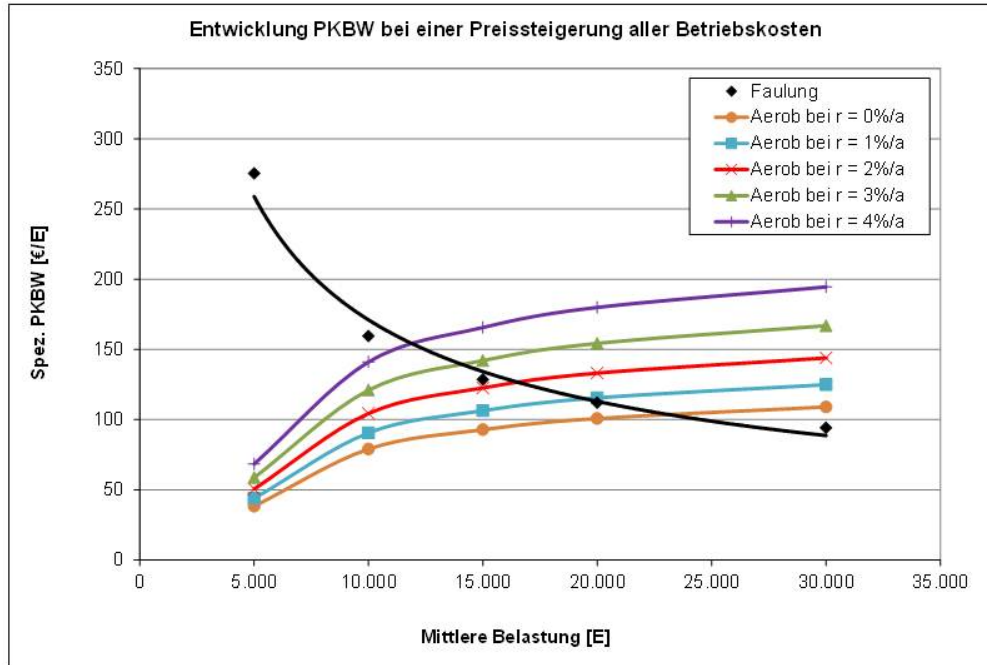


Investitionen zur Verfahrensumstellung, 81 €/E



Wirtschaftlichkeit

Verfahrenvergleich KA Bad Abbach ohne Ausbau der Belegung

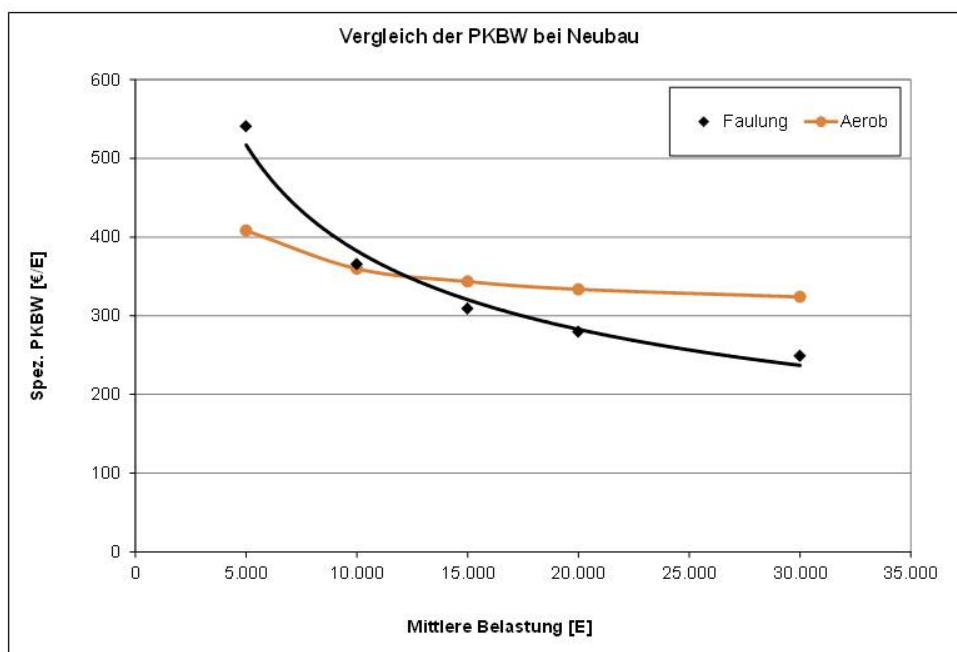


Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

16

Wirtschaftlichkeit

Verfahrenvergleich KA Bad Abbach mit Ausbau der Belegung



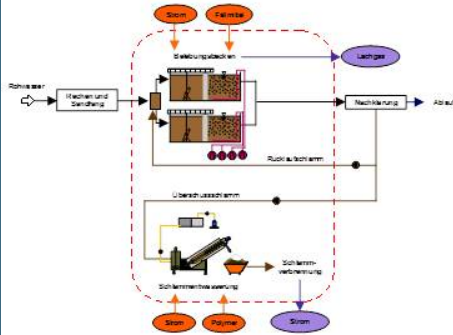
Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

17

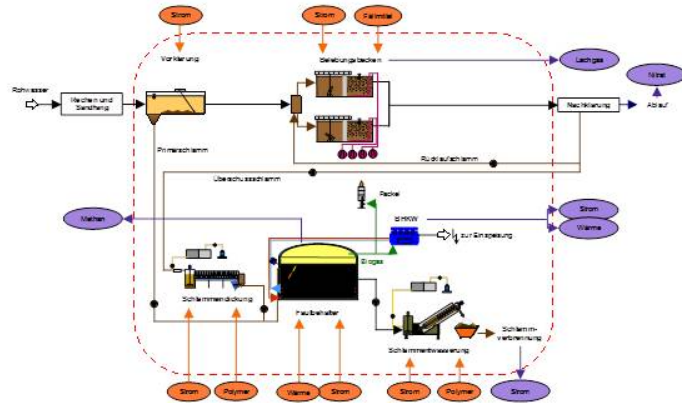
Ökobilanz

Systemgrenzen und Bilanzierungs-Parameter

Aerobe Stabilisierung



Faulung

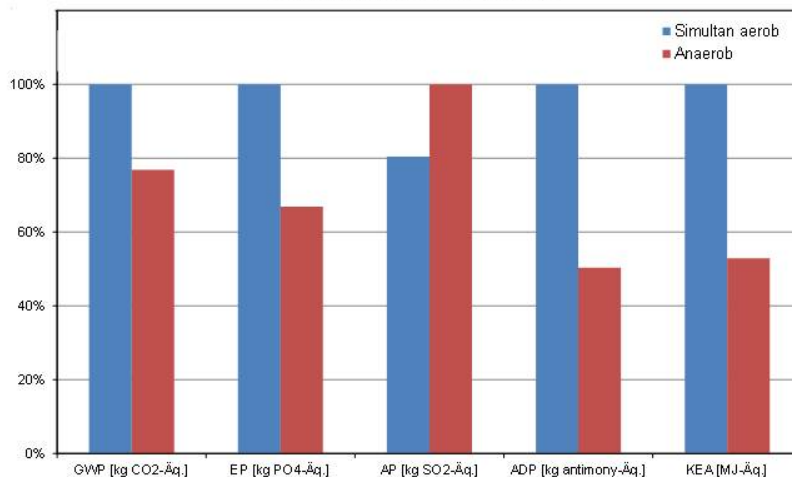


Bilanzierung aus Bachelorarbeit Inken Veenhuis, TU Braunschweig/ATM

Ökobilanz

Vergleich

Vergleich der Umwelteinwirkungen



- » GWP: Treibhauspotenzial – Klimagase (CH₄, N₂O...)
- » EP: Eutrophierung – Nährstoffe (N, P...)
- » AP: Versauerung – Spurengase insb. aus Verbrennungsprozessen (NO_x, SO₂...)
- » ADP: Ressourcenverbrauch – Erdöl, Edelmetalle...
- » KEA: Kumulierter Energieaufwand – Primärenergieverbrauch

Energie-Wende Ausblick

Technologie-Einsatz

- » Haupt-/Teilstrom-Deammonifikation
- » Kopplung von BHKW an HT/NT-ORC-Prozesse zur weitergehenden Verstromung von Abwärme
- » Einsatz von Adsorptions-Kältemaschinen
- » Mikrobielle Brennstoffzelle zur Gewinnung von Strom und gleichzeitiger Elimination von Kohlenstoff
- » Bipolare Membran-Elektrodialyse zur Gewinnung von Dünger und Separierung von Mikroverunreinigungen aus Prozesswasser und Urin

[Fotos: Christ, 2013]

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

Energie-Wende Ausblick

Neuartige Sanitärkonzepte – NASS

- » Separate Behandlung von Abwasserströmen
 - › Grauwasser
 - › Fäzes
 - › Urin
- » Terra Preta Sanitation
 - › Erzeugung von Humus zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

Beantwortete Fragen

- » **Wirtschaftlicher Nutzen der Umrüstung?**
ab 10.000 EW mit Gutschriften*; ab 17.000 EW ohne Gutschriften*
*Erweiterungsbedarf der bestehenden Anlage, Verfügbarkeit von Co-Substraten
- » **Ökologischer Nutzen der Umrüstung?**
Ökobilanz weist einen hohen Nutzen aus
- » **Verfügbarkeit und Kosten geeigneter Maschinen- und Anlagentechnik?**
 - › Vorklärung:
kann kostengünstiger ausgeführt werden als bei der Pilotanlage
 - › Faulbehälter:
System-Biogasanlagen können nach Modifikationen und veränderter Bewertungen (Nutzungsdauer, Rührwerkstechnik, Volumenzuschläge für Toträume u.a.) auch auf Kläranlagen zur Schlammfäulung eingesetzt werden
 - › BHKW:
in der erforderlichen Leistungsgröße sind mit Abstrichen beim elektrischen Wirkungsgrad (30 %) auf dem Markt erhältlich ($P_{\min} = 10 \text{ kW} \rightarrow 5.000 \text{ Ew}_{\text{mittel}}$)
 - › Eindickung (obligat) / Entwässerung (ökologisch sinnvoll)

Beantwortete Fragen

- » **Betrieblich-verfahrenstechnische Besonderheiten?**
 - › Absetzeigenschaften des Belebtschlammes:
verschlechtern sich deutlich – bei der Bemessung zu berücksichtigen!
 - › Schlammengen:
verringern sich um rund 25 %
 - › Ablaufwerte:
bleiben konstant gut
 - › Strom- und Wärmebilanz:
Strombezug sinkt um rund 70 %;
Wärmebezug sinkt um 100 %
 - › Personalbedarf:
steigt um 20 bis 30 Stunden pro Monat

Handlungsempfehlungen für KA größer als 10.000 EW

- » Durchführung einer vorgeschalteten Energieanalyse nach DWA-A 216 (Energie-Drei-Sprung!)
- » Erstellung einer detaillierten Belastungs- und Auslastungs-Prognose
- » Ermittlung von regional verfügbaren Co-Substraten
- » Anlagenbemessung unter Berücksichtigung der Betriebsergebnisse Bad Abbach wie
 - › Schlammindex
 - › Deni-Kapazität /Deni-Volumen
 - › Eindick- und Entwässerungsverhalten
 - › Auslegung von Gebläsen und Belüftern
 - › Erweiterte Mess-, Steuer-, Regeltechnik
 - › Strom- und Wärmemanagement
- » Wirtschaftlichkeitsberechnung über 20 Jahre mit Variation der Energiekosten für die Verfahren
 - › „aerobe simultane Stabilisierung“
 - › „Faulung“
- » Berücksichtigung moderner Wärme- und Kältekonzepte (DWA KEK 10.4)
 - › Nutzung von Wärme/Kälte im Abwasser,
 - › aus Abluftströmen,
 - › aus Prozesswasser

Zusammenfassung

- » Nach Prüfung gemäß Handlungsempfehlung und Vorliegen aller Voraussetzungen erweist sich die Nachrüstung einer Faulung mit Vorklärung aus
 - › technischer,
 - › betrieblicher,
 - › wirtschaftlicher und
 - › ökologischerSicht als gut realisierbar und sinnvoll.
- » Neuere Technologien und Konzepte sollten dabei vermehrt in den fachlichen Fokus gerückt werden.
- » Das Pilotprojekt Bad Abbach hat einen wichtigen Beitrag geleistet, um Unsicherheiten bei der Umsetzung durch andere Projekte weitgehend zu beseitigen.
- » Somit wurde ein weiterer Schritt in Richtung einer erfolgreichen Energiewende getan.

Vielen Dank allen Projektbeteiligten für die ausgezeichnete Zusammenarbeit

- » Markt Bad Abbach
 - › Herrn Ersten Bürgermeister Wachs
 - › Herrn Bürgermeister Hanika
 - › Herrn Brunner
 - › Herrn Holzhauser
 - › Herrn Krückl
 - › Herrn Fiedler
- » Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
 - › Herrn LMR Dipl.-Ing. Englmann,
 - › Herrn LChemD Dr. Beck
- » Bayerisches Landesamt für Umwelt
 - › Herrn BOR Dipl.-Ing. Bleisteiner
 - › Frau Dipl.-Ing. Reutelshöfer
- » Wasserwirtschaftsamt Landshut
 - › Herrn Dipl.-Ing. Haberl
- » BBI Bauer Beratende Ingenieure GmbH
 - › Herrn Dr.-Ing. Weigl
 - › Herrn Dipl.-Ing. Christensen
- » ELO Consult GmbH
 - › Herr Manfred Beck
 - › Herr Stefan Huy

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Bayerisches Landesamt
für Umwelt



Wasserwirtschaftsamt
Landshut



BBI Bauer Beratende Ingenieure GmbH

eloconsult
ELEKTROFACHPLANUNGS-GMBH

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

26

Vielen Dank auch ganz besonders meinen Projektpartnern

- » vom Ingenieurbüro ATM Braunschweig
 - › Herrn Dipl.-Ing. Univ. Detlef Wedi
 - › Frau Dipl.-Biotechnol. Nicole Michalski
- » sowie den Bacheloranden
 - › Herrn BA-Eng. Markus Brunnhuber
 - › Frau BA-Eng. Inken Veenhuis

HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



ATM

ATM Abwassertechnik
Dipl.-Ing. Detlef Wedi
Entwurf, Gutachten, Konzeptstudien, Sonderverfahren

Prof. Dr.-Ing. O. Christ | Siedlungswasserbau

27

Weitere Fragen?



Prof. Dr.-Ing. Oliver Christ

HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIEDORF | University of Applied Sciences

Fakultät Umweltingenieurwesen

Fachgebiet Siedlungswasserbau

Markgrafenstr. 16 | 91746 Weidenbach | Germany

Tel: +49 (0)9826 654-229 | Fax: +49 (0)9826 654-4229

Mobil: 0171-3347749

Email: oliver.christ@hswt.de

<http://www.hswt.de/person/christ-oliver.html>

Bau- und Betriebserfahrungen auf der Kläranlage Markt Altomünster

Dr.-Ing. Dieter Schreff, Ing. Büro Schreff

Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen, 1.10.2015, Bad Abbach

Bau- und Betriebserfahrungen auf der Kläranlage Markt Altomünster (2010 – 2015)



Dieter Schreff / Miesbach



Ing.-Büro Mayr, Aichach
Rupert Mayr
Urban Walch
Frank Simmerbauer
Johannes Brandl



Markt Altomünster
Christian Richter
Christian Lutz

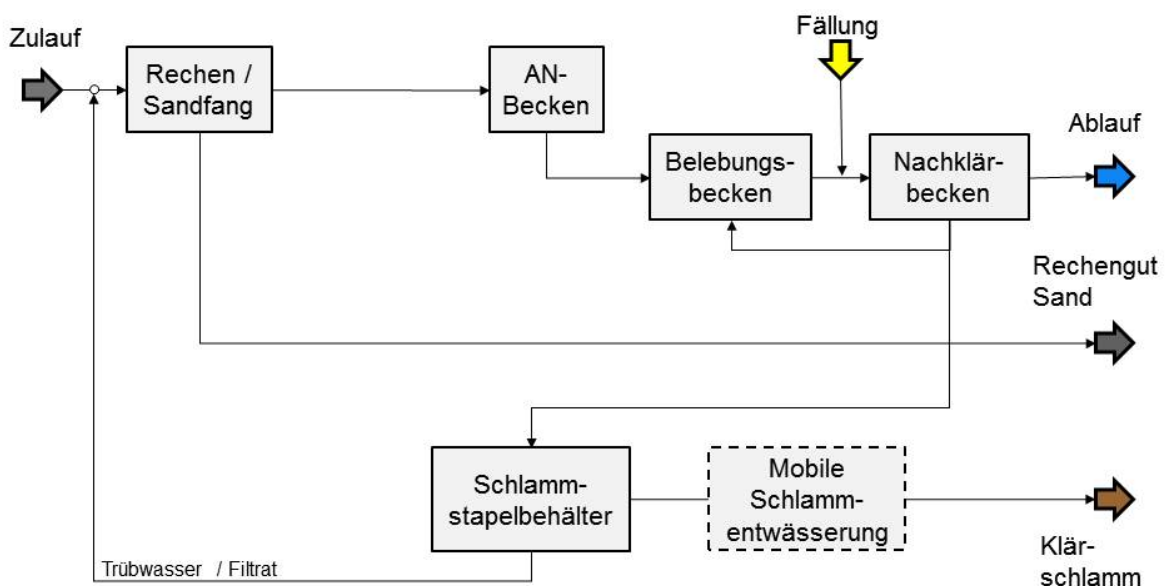
Chronologie Erweiterung KA Altomünster

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie

- 2010 Geplanter Anschluss von neuen Ortsteilen, ca. 2.200 EW, Auflassung der Ortsteilkläranlagen, Durchführung eines Messprogramms
- 2011 Variantenvergleich zur Erweiterung der Kläranlage von 9.800 EW auf 14.000 EW, mit Alternative „Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung mit eigener Schlammmentwässerung“
- 2012 Entwurfs- und Genehmigungsplanung
Umbau Nachklärbecken mit höhenvariablem Einlaufbauwerk
- 2013 Ausschreibungsverfahren für Umbau Belebung, Neubau Faulung, Schlammverdickung/-entwässerung und Gasverwertung (BHKW)
- 2014 Durchführung sämtlicher Umbaumaßnahmen (Belebung, Faulung, etc.)
Inbetriebnahme Gesamtanlage ab Sept. 2014
- 2015 Sämtliche Ortsteile (siehe oben) angeschlossen, Anlage im Normalbetrieb

KA Altomünster – Verfahrensschema IST-Zustand

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



Ausbaugröße: 9.800 EW

KA Altomünster – Durchgeführte Maßnahmen

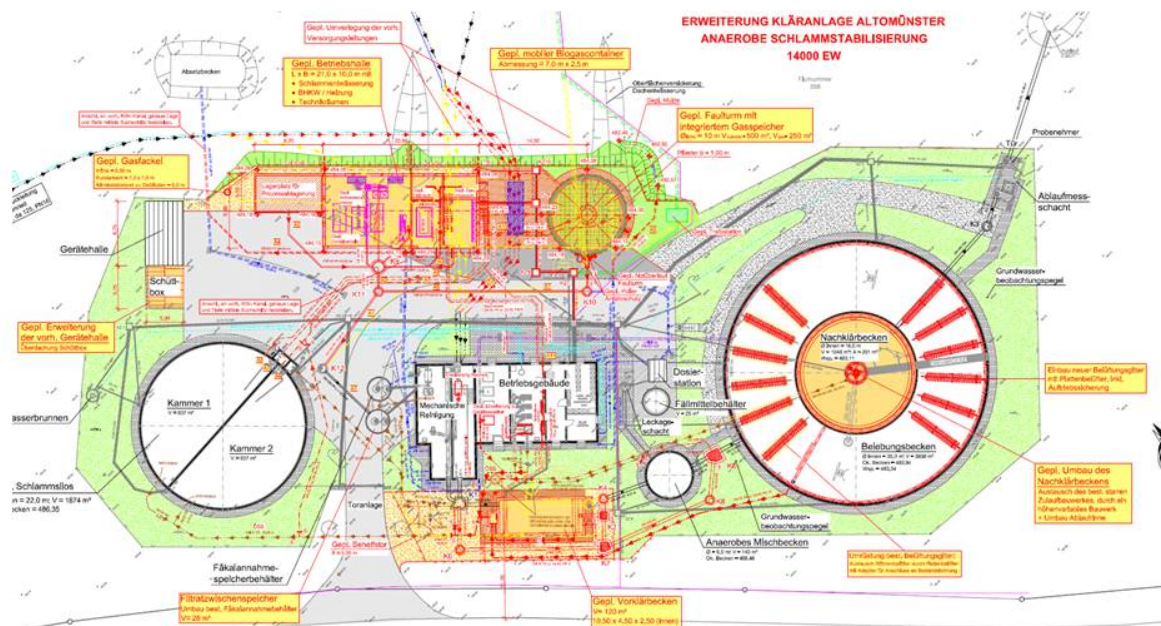
(1) Erhöhung der Behandlungskapazität

- Anpassung Rechen und Sandfang
- Neubau eines Vorklärbeckens
- Ergänzung der Belüftung im Belebungsbecken und Gebläsestation
- Ergänzung der MSR-Technik
- Ertüchtigung des Nachklärbeckens

(2) Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung mit eigener Schlammwässerung, Gasverwertung

- Umbau des bestehenden Schlammsilos
- Neubau eines Faulbehälters mit integriertem Gasspeicher
- Neubau eines BHKW
- Neubau einer Betriebshalle für Schlammverdickung/-entwässerung und Containeraufstellung sowie Pumpenkeller und E-Technikräumen

KA Altomünster – Lageplan Entwurf (2012)



Quelle: Ing.-Büro Mayr, Aichach

Luftaufnahme KA Altomünster (2015)

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



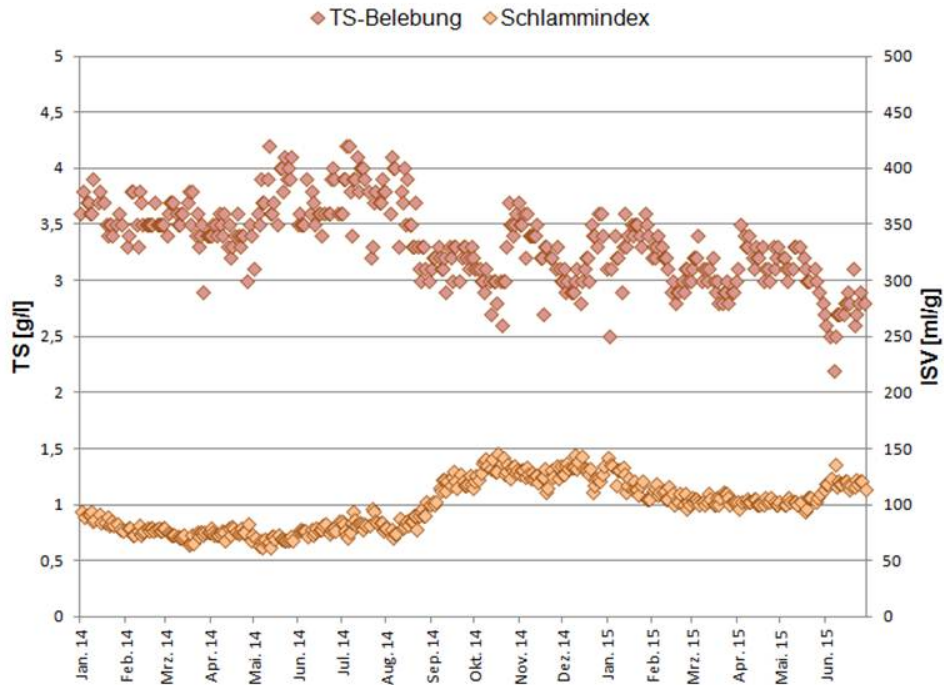
KA Altomünster – Überwachungs- und Ablaufwerte

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie

	ÜW	Mittlere Ablaufwerte 2014	Mittlere Ablaufwerte 2015
CSB	50 mg/l	14 mg/l	15 mg/l
BSB5	10 mg/l	3,5 mg/l	3,7 mg/l
NH4-N	4,0 mg/l	0,5 mg/l	0,6 mg/l
N_{ges}	18,0 mg/l	12,1 mg/l	3,8 mg/l
P_{ges}	1,5 mg/l	0,7 mg/l	0,6 mg/l

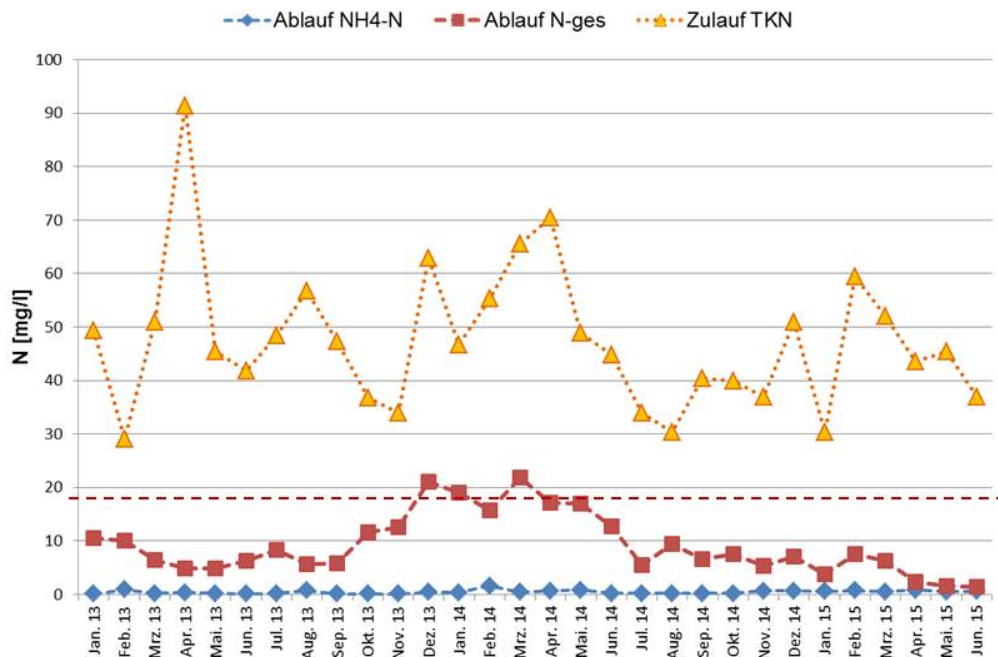
KA Altomünster – Betriebsparameter Belebung

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



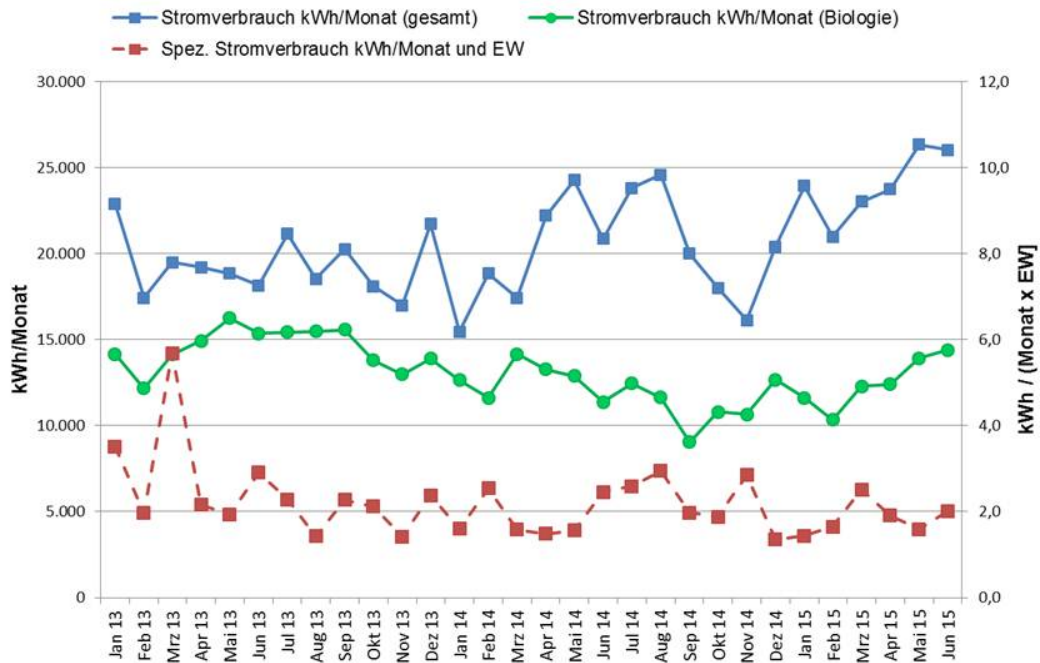
KA Altomünster – Ablaufwerte Stickstoff

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



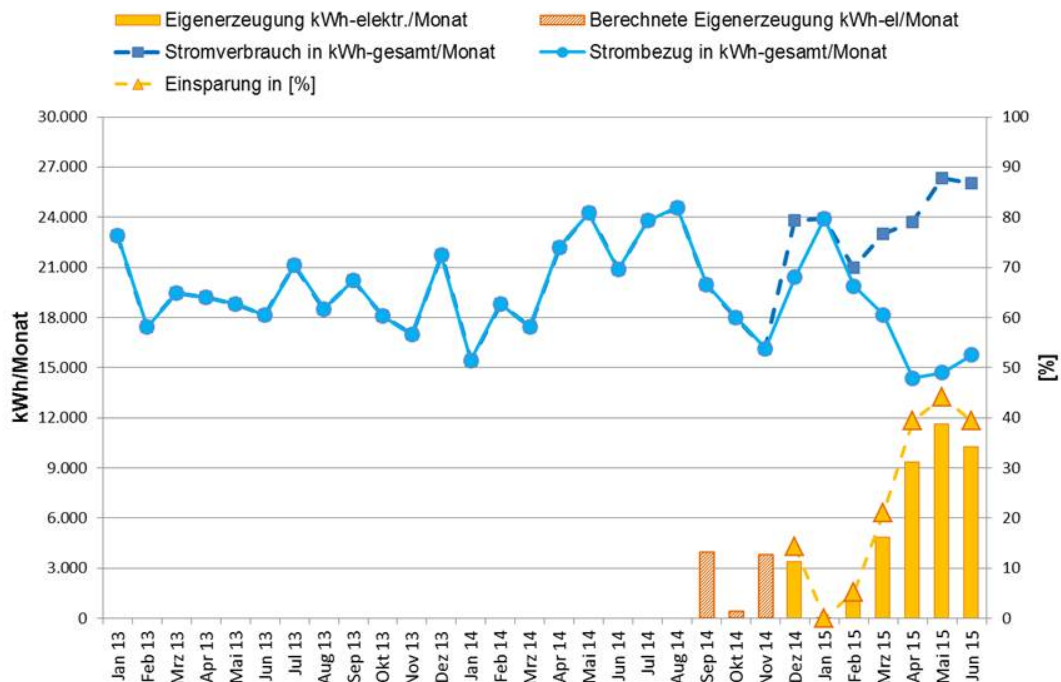
KA Altomünster – Energiebilanz

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



KA Altomünster – Eigenerzeugung Strom

Dr.-Ing. Schreff
Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



Zusammenfassung



- ▶ Alle geplanten Ortsteile sind inzwischen angeschlossen. Sämtliche Ablaufwerte können betriebsstabil eingehalten werden; beim Parameter „Stickstoff“ konnte sogar eine Verbesserung erzielt werden.
- ▶ Der belastungsnormierte Stromverbrauch ist in etwa gleich geblieben. Durch die Erzeugung und Verwertung von Faulgas im BHKW (Strom / Wärme) werden inzwischen rund 40 % des Strombedarfs auf der Kläranlage erzeugt.
- ▶ Seit Herbst 2014 entfällt die Lohnentwässerung. Durch die Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung konnte die zu entsorgende Menge an Schlamm um rund 20 to / Monat reduziert werden.
- ▶ Vorgegebener Kostenrahmen (Kostenberechnung 2012 und Vergabesumme 2013) konnte trotz Umbau im laufenden Betrieb mit 3.34 Mio. € brutto eingehalten werden.
- ▶ Nach Anfangsschwierigkeiten geht das Betriebspersonal inzwischen ohne Probleme mit den neuen Anlagenteilen um, der Aufwand ist jedoch spürbar höher.

Umsetzung einer modularen Kompaktfaulung auf der Kläranlage Steinfeld-Hausen

Matthias Kraft, Ing. Büro BaurConsult, Edwin Bailer, Fa. DynaHeat

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Fachtagung Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen
1. Oktober 2015, Bad Abbach

Umsetzung einer modularen Kompaktfaulung auf der Kläranlage Steinfeld-Hausen



Matthias Kraft

BAURCONSULT
ARCHITEKTEN INGENIEURE

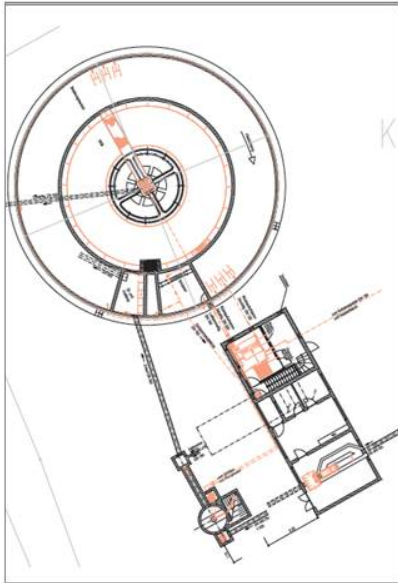
Edwin Bailer

dynaheat hpe
WORLD OF ENERGY

KA Steinfeld Hausen **Veranlassung**

Kläranlage Bestand

Baujahr 1974, Einstufige Belebungsanlage mit Kombinationsbecken
Sanierungsbedarf für Maschinen- und Bautechnik
keine Schlammstabilisation, Schlammstorage in Schlammbeeten



Zweck des Vorhabens

Ertüchtigung der Anlage für

- ✓ aktuelle gesetzliche Anforderungen
- ✓ Stickstoff- und Phosphatelimination
- ✓ Ausbau der Schlammbehandlung
- ✓ Sanierung Bau- und Maschinenteknik
- ✓ Anschluss weiterer Ortsteile

Lageplan und Bilder Bestand



2

KA Steinfeld Hausen **Übersicht Ausbauzustand**

Abwasserreinigung

für die Gemeinde Steinfeld mit Ortsteilen Hausen und Waldzell

Ausbau der Kläranlage

Größenordnung	3.500 EW
Verfahren	Einstufige Belebungsanlage, Intermittierenden Denitrifikation
Reinigungsziele	Abbau von Kohlenstoff Weitergehende Abwasserreinigung von Stickstoff und Phosphat
Schlammbehandlung	Getrennte anaerobe Schlammstabilisation
Energie	Eigenenergie durch Klärgasverwertung + Photovoltaik



3

KA Steinfeld Hausen Variantenuntersuchung

Variante im Vorfeld Schließung der Kläranlage, zentrale Lösung mit Anschluss an die KA Lohr

➔ nicht wirtschaftlich

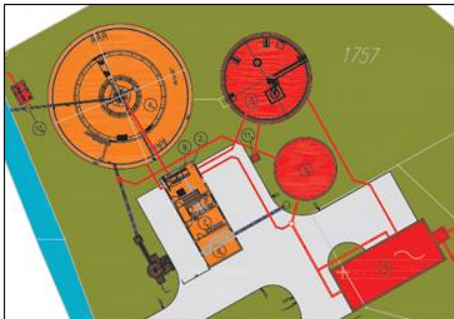


Ausbauvarianten mit aerober Schlammstabilisierung

Variante 1

Sanierung Kombinationsbecken
Neubau kleines Belebungsbecken
Neubau Stapelbehälter

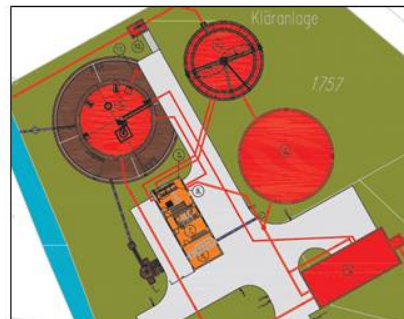
➔ kostengünstigste Lösung



Variante 2

Neubau Belebungsbecken
Neubau Nachklärung
Sanierung NK als Stapelbehälter

➔ kostenintensivste Lösung



4

KA Steinfeld Hausen Vorzugsvariante

Variante mit anaerober Schlammstabilisierung

Variante 3 Neubau Kompaktfaulgasanlage, Faulbehälter als Wickelbehälter mit Gasbehälter, Sanierung Kombinationsbecken, Neubau Stapelbehälter, **kein Neubau biologische Stufe**



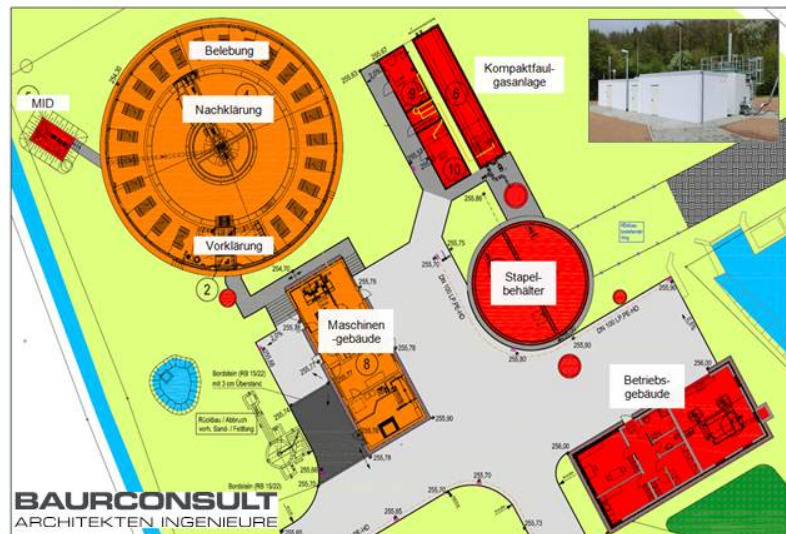
➔ vergleichbare Kosten mit Variante 1

**Planungsphase:
Änderung Ausführung
der Faulung**

Modulare Kompaktfaulgasanlage

Gewählt, da bessere und kostengünstigere Lösung für

- ✓ Gasspeicher
- ✓ Wärmedämmung
- ✓ Rührwerke



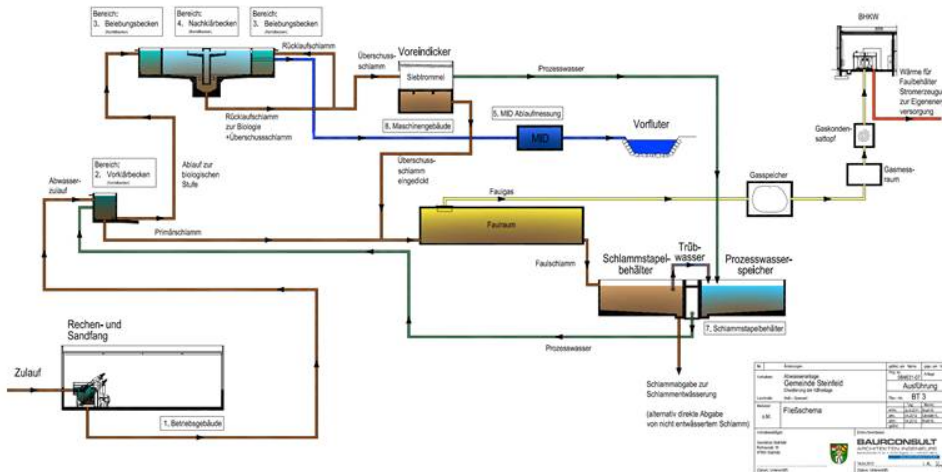
BAURCONSULT
ARCHITEKTEN INGENIEURE

5

KA Steinfeld Hausen Vorzugsvariante

Variante 3 Vorzugsvariante nach Beschluss Gemeinderat, da

- ✓ Nachhaltige Planung
- ✓ Zukunftsorientierte Reduzierung der Betriebskosten
 - Erzeugung von Klärgas für BHKW
 - Reduzierung von Energiekosten
 - Reduzierung der Schlammmenge
 - Reduzierung Schlammbehandlungs- und Entsorgungskosten
- ✓ Wirtschaftlich darstellbar



KA Steinfeld Hausen Kosten

Investitionskosten

Investitionskosten Ausbau	
KA	brutto
Betriebsgebäude	553.000 €
MID Ablaufschacht	52.000 €
Maschinengebäude	467.000 €
Kombibecken	527.000 €
Leitungen	128.000 €
Außenanlagen	161.000 €
Auftragserweiterung	41.000 €
PV Anlage	47.000 €
Prov. SBR	57.000 €
Zwischensumme	2.033.000 €
Schlammbehandlung	
Schlammstapelbehälter	351.000 €
Voreindicker	57.000 €
Faulbehälter	248.000 €
Faulgasanlage	92.000 €
Zwischensumme	748.000 €
Investitionskosten gesamt ohne Baunebenkosten	2.781.000 €

Geplante laufende Kosten

Personalkosten	46.100 €/a
Entsorgungskosten	10.100 €/a
Flockungshilfsmittel	780 €/a
Energiekosten	10.440 €/a
Gesamt gerundet	
Betriebskosten brutto	67.400 €/a

Erste Auswertungen

Stromkostenreduzierung	82 %/a
Nassschlamm 2014	550 m ³ /a
Eigenstromerzeugung: Prozentualer Anteil am monatlichen Gesamtstrombedarf:	
Eigenstromerz. BHKW	26 % - 37 %
Eigenstromerz. PV	3 % - 60 %
Eigenstromerz. GESAMT	38 % - 88 %
Fremdstrombedarf	12 % - 62 %

KA Steinfeld Hausen

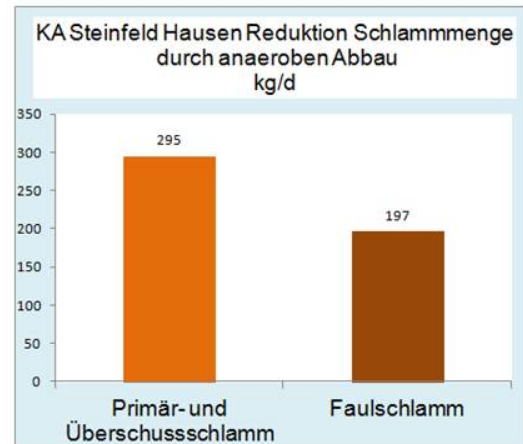
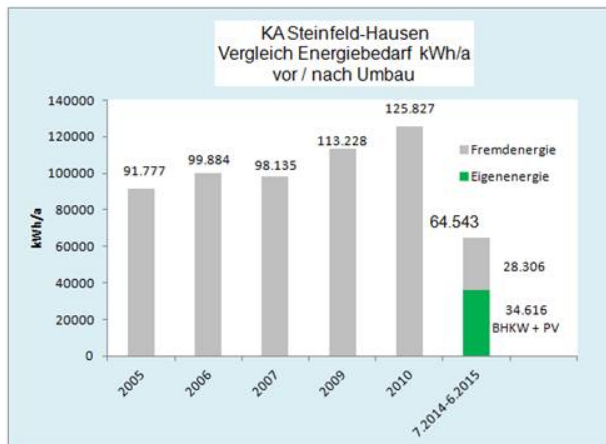
Energiebedarf nach Umbau

Reduktion Energiebedarf

Reduktion Gesamtenergiebedarf um 50 %

Reduktion Fremdenergiebedarf um 77 %

Schlammmenge nach Faulung



8

KA Steinfeld Hausen

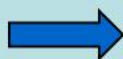
Schlussfolgerungen

Ausbau kleiner Kläranlage mit Faulung

- ✓ Umsetzbarkeit sehr stark situationsabhängig
- ✓ Entscheidend nicht Ausbaugröße, sondern Randbedingungen

KA Steinfeld

- ✓ Für Aerobe Stabilisierung war Biologie nicht ausreichend
- ✓ Biologie für Ausbaugröße mit Faulung jedoch ausreichend
- ✓ Wirtschaftlichkeit durch Vermeidung Neubau Volumen
- ✓ Grobentschlammung durch Umbau im Kombibecken möglich, auch hier kein Neubau notwendig



Ausbau mit Faulung war hier die optimale Lösung

9

Erläuterung Modulare Kompaktfaulung

10

Systemvergleich modulare Kompaktfaulung

Modularer Faulbehälter:

- Rundum Wärme gedämmt
- Für Substrate bis ca. 10% TS konzipiert (Patent angemeldet)
- 2 Rührwerke

separater Gasspeicher:

- Druckloser Gasspeicher
- Füllstandsüberwachung



Technikraum:

- Drehzahl modulierende BHKW
- Heizkessel als Fackelersatz
- kpl. mit Fernüberwachung und Fernsteuerung der Gesamtanlage

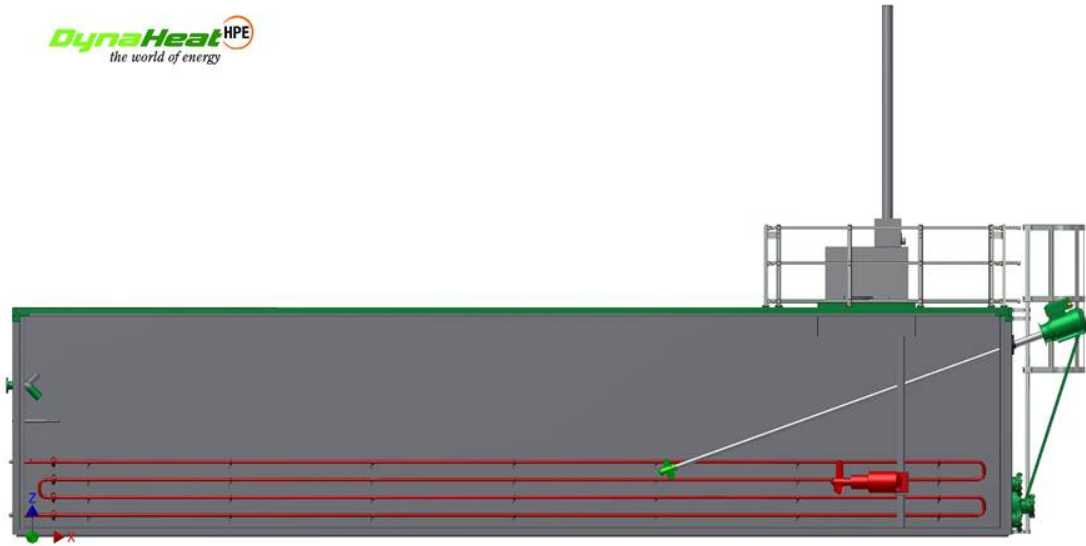
Separater Gasraum:

- mit wartungsfreier Gasreinigung (Patent angemeldet)
- Großem Kondensatsammler

11

Multiflex Faulbehälter Schnitt Seitlich links (Patent angemeldet)

DynaHeat HPE
the world of energy

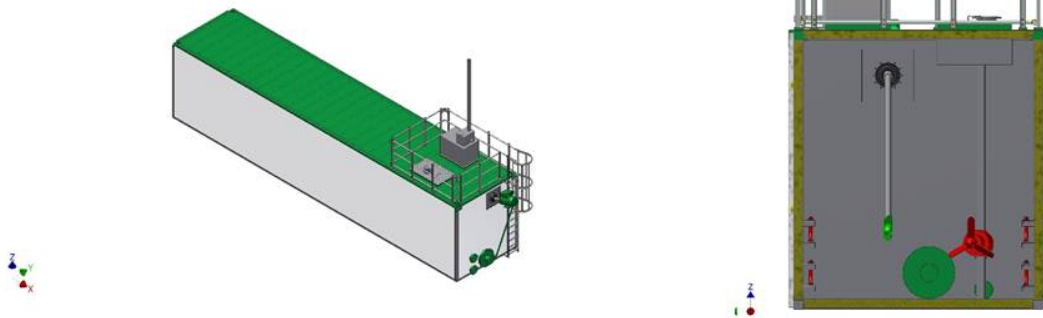


12

Multiflex Faulbehälter (Patent angemeldet)

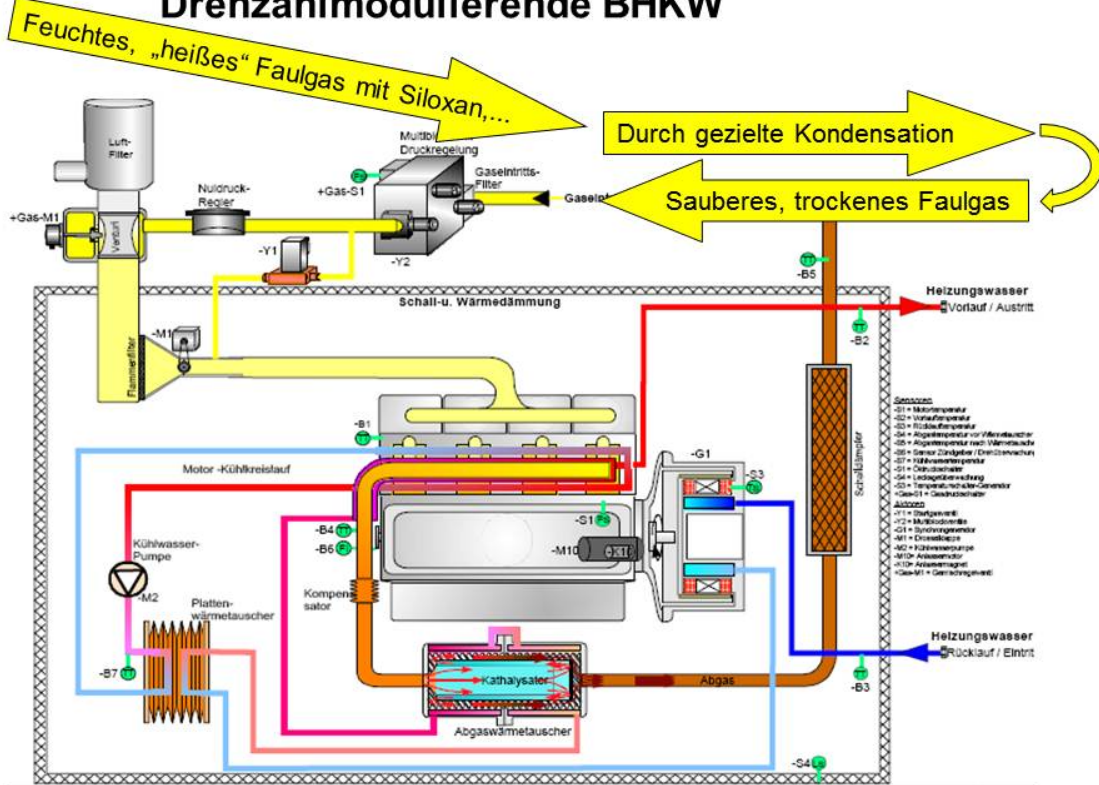
DynaHeat HPE
the world of energy

DynaHeat HPE
the world of energy



13

Drehzahlmodulierende BHKW



14

Technische Mindestanforderung / Wartungsaufwand

Mindestgasqualität Schwefel < 2200 mg / Nm³ (< 5 mg / Nm³)

Mindestgasqualität Silizium < 15 mg / Nm³ (< 0,36 mg / Nm³)



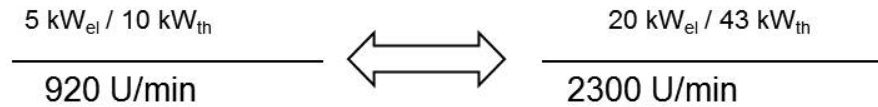
Möglicher Wartungsintervall: alle 2.000 Bh. Sichtkontrolle, nach 4.000 Bh. Öl und nach 6.000 Bh. Zündkerzen wechseln, Ventile nachjustieren, Kühlwasser prüfen

15

Vorteile drehzahlmodulierender BHKW

Ein drehzahlmodulierendes BHKW liefert bedarfsgerecht
Wärme und Strom in einem extrem weiten Regelbereich

- Weiter Regelbereich **ohne Wirkungsgradverlust im Teillastbetrieb**



- Anpassung an stark schwankenden Wärmebedarf
- parallel bedarfsgerechte Stromerzeugung
- kein Abschalten nötig, besserer Wartungsintervall
- wenig Takten, hoher Nutzungsgrad
- Kontinuierliche Strom / Wärme Produktion
- Positive und negative Regelenergie ist möglich aber leider keine Energiespeicherung

16



Kläranlage Fischingen

Baujahr 1967 8100 EW
 332 m³ Faulbehälter
 Nassschlamm/a ca. 1700m³
 2014 Eigenstromerzeugung 76,3%

Edwin Bailer



17

Wann umstellen auf anaerobe Schlammstabilisierung?

- Erweiterungen der Kläranlage
bei steigender Einwohnerzahl (angeschlossene EW)
- Belegung zu klein / Schlammalter zu gering
nicht ausreichend stabilisierter Klärschlamm
- Steigende Stromkosten
Kla Fisingen: 1999 => 0,09€/kWh 2014 => 0,25€/kWh
- Steigende Klärschlammverwertungskosten
Nassschlammverwertungskosten zwischen 10-50 €/m³
- Ungenutzte Bauwerke werden wieder sinnvoll genutzt
z.B. Eindicker, Vorklärungen, Faulbehälter
- Verbesserte CO²-Bilanz, 60 % Primärenergie einsparen
ökologisch aus Reststoffen Energie zu gewinnen

18

DWA-HA Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm Themen KEK - T1/2015 - Februar 2015

In Deutschland gibt es knapp 10.000 kommunale Kläranlagen. Etwa 2.500 Anlagen gehören zur Kategorie der im vorliegenden Themenband betrachteten „kleinen und mittleren Kläranlagen“ mit einer Ausbaugröße zwischen 5.000 und 50.000 Einwohnerwerten....



Vor dem Hintergrund steigender Kosten für den Strombezug und die Klärschlamm Entsorgung sowie auch unter dem Aspekt des Klimaschutzes ist es daher folgerichtig zu hinterfragen, **unter welchen Randbedingungen ein Systemwechsel von einer gemeinsamen aeroben zu einer getrennten anaeroben Stabilisierung sinnvoll** ist. Zielsetzung des vorliegenden DWA-Themenbandes ist es, Betreiber und Planer bei dieser Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Ausgabe: 02 2015 Verlag: DWA ISBN: 978-3-88721-211-7

19

Abwasserverordnung vom 6. September 2014

(Bundesgesetzblatt I, Nr. 42 vom 5. September 2014, S. 1474–1487).

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer
(Abwasserverordnung- AbwV)

Anhang 1

B Allgemeine Anforderungen

(1) § 3 Absatz 1 findet keine Anwendung.

(2) **Abwasseranlagen sollen so errichtet, betrieben und benutzt werden, dass eine energieeffiziente Betriebsweise ermöglicht wird. Die bei der Abwasserbeseitigung entstehenden Energiepotenziale sind, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, zu nutzen.**

Das ist meiner Meinung nach eine gravierende Änderung im Kläranlagenbereich.

Dieser Passus bedeutet, dass jede Kläranlage in Deutschland im Rahmen einer neuen Wasserrechtlichen Erlaubnis auch auf Energieeffizienz und Klärschlammverwertung / Faulung geprüft werden muss.

20

**Energie verbrauchen kann jeder.
Energie erzeugen auch!
Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!**



Gemeinde Steinfeld
Landkreis Main - Spessart



BAURCONSULT
ARCHITEKTEN INGENIEURE

Edwin Bailer

Tel: ++49 (0)7454 / 8101 Mobil.: +49 (0) 175 / 5098079

E-Mail: kla.fischingen@arcor.de oder edwin.bailer@dynaheat-hpe.com

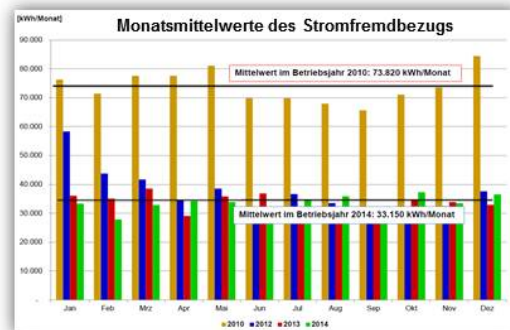
21

Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung auf den Kläranlagen Linz-Unkel und Selters

Dipl.-Ing. Jürgen Jakob, Dr.-Ing. Klaus Siekmann, Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbH



Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung auf den Kläranlagen Linz-Unkel und Selters



Dipl.-Ing. Jürgen Jakob, Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbH
Dr.-Ing. Klaus Siekmann, Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbH

Fachtagung „Nachrüstung einer Faulung bei kleinen Kläranlagen“, KA Bad Abbach, 1. Oktober 2015

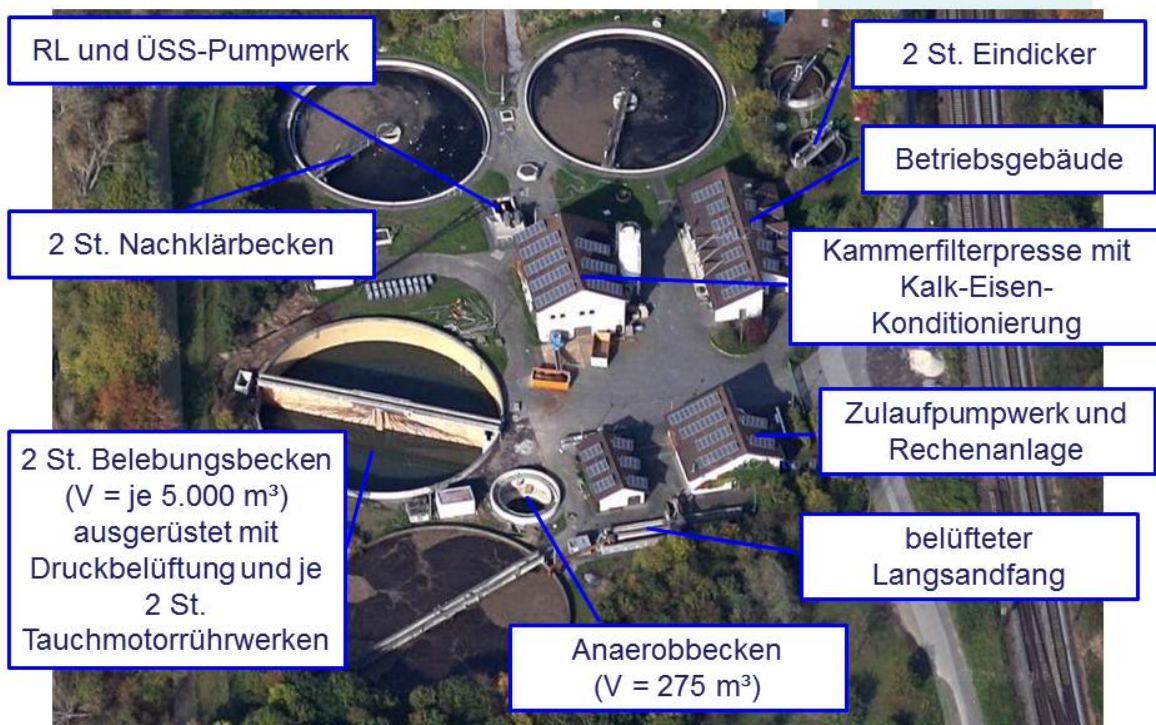
Ausgangssituation auf der KA Linz-Unkel

Abwasserreinigung mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung

Ausbaugröße	:	28.800 EW
Inbetriebnahme	:	1993
Anlagenbelastung (im Jahresmittel)	:	26.000 EW



Ausgangssituation auf der KA Linz-Unkel



Ausgangssituation auf der KA Linz-Unkel

Energieverbrauch (im Jahr 2010)	:	880.000 kWh
hiervon für Biologie und RLS-PW	:	660.000 kWh
spez. Energieverbrauch	:	33,8 kWh/EW/a
zu entsorgende Schlammmenge (TR = 30%)	:	3.200 Mg/a

Konditionierungsmittel zur Klärschlamm- entwässerung

Kalk	:	240 Mg/a
FeCl ₃	:	165 Mg/a



Ausgangssituation auf der KA Linz-Unkel

Ergebnis der Studie:

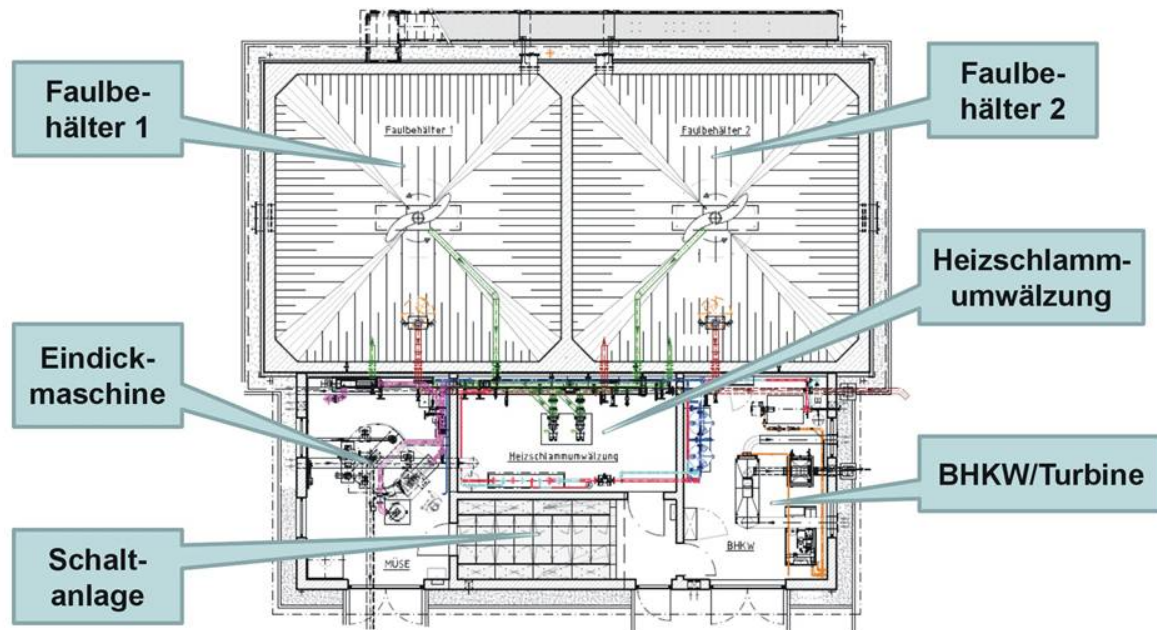
Die Verfahrensumstellung ist wirtschaftlich umsetzbar durch

- geringeren Stromverbrauch BB (Entlastung durch Vorschaltung des VKB und keine Simultanstabilisierung mehr)
- Eigenstromerzeugung/-nutzung
- niedrigere Klärschlammengen (aufgrund höherem oTR-Abbau und besserer Entwässerbarkeit)
- Einsparung an Konditionierungsmitteln

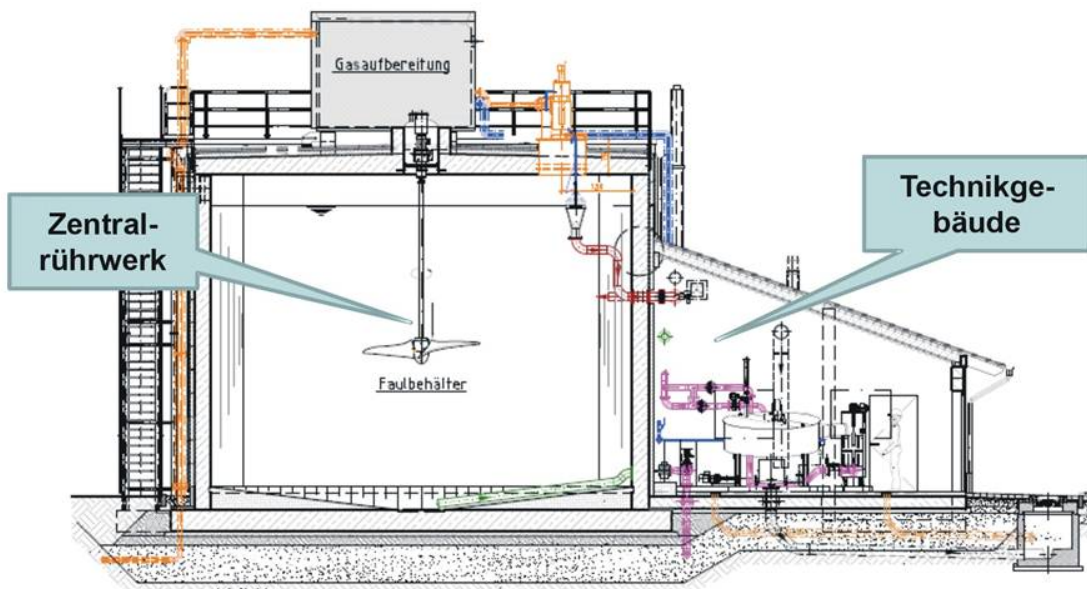
Voraussetzung : Umsetzung einer **kostenoptimierten** Anlagen- und Bautechnik.



2-stufiger Kompaktfaulbehälter



2-stufiger Kompaktfaulbehälter



2-stufiger Kompaktfaulbehälter



2-stufiger Kompaktfaulbehälter



Anlagentechnik: Zentralrührwerk



Anlagentechnik: Zentralrührwerk



Anlagentechnik: Schlammaufheizung (Heizkreisverteiler)



Anlagentechnik: Schlammaufheizung (Wärmetauscher)



Anlagentechnik: Gasdom



Anlagentechnik: Gasdom



Anlagentechnik: Doppelmembranbehälter



Anlagentechnik: Mikrogasturbine



Semizentrale Klärschlammbehandlung: Maschinelle Überschussschlammeindickung



Investitionskosten Verfahrensumstellung KA Linz-Unkel

- Bau	:	910.000,00 €
- Ausrüstung (ohne Erneuerung Belüftung)	:	630.000,00 €
- EMSR-Technik	:	140.000,00 €
- Gasturbine	:	215.000,00 €

Zwischensumme	:	1.895.000,00 €
zzgl. Baunebenkosten	:	280.000,00 €

Zwischensumme	:	2.175.000,00 €
zzgl. 19% MwSt.	:	413.250,00 €

Gesamt (gerundet)	:	2.588.000,00 €
--------------------------	----------	-----------------------

Anmerkung:

Die Kosten beinhalten neben dem Bau der Kompaktfaulungsanlage mit zugehörigem Technikgebäude die Umrüstung eines best. Beckens zu einem Vorklärbecken, den Bau eines Primärschlammumpferks, die Verlegung der verbindenden Rohrleitungen, die Herstellung der Verkehrsflächen sowie die Verstromung des anfallenden Faulgases über eine Mikrogasturbine.



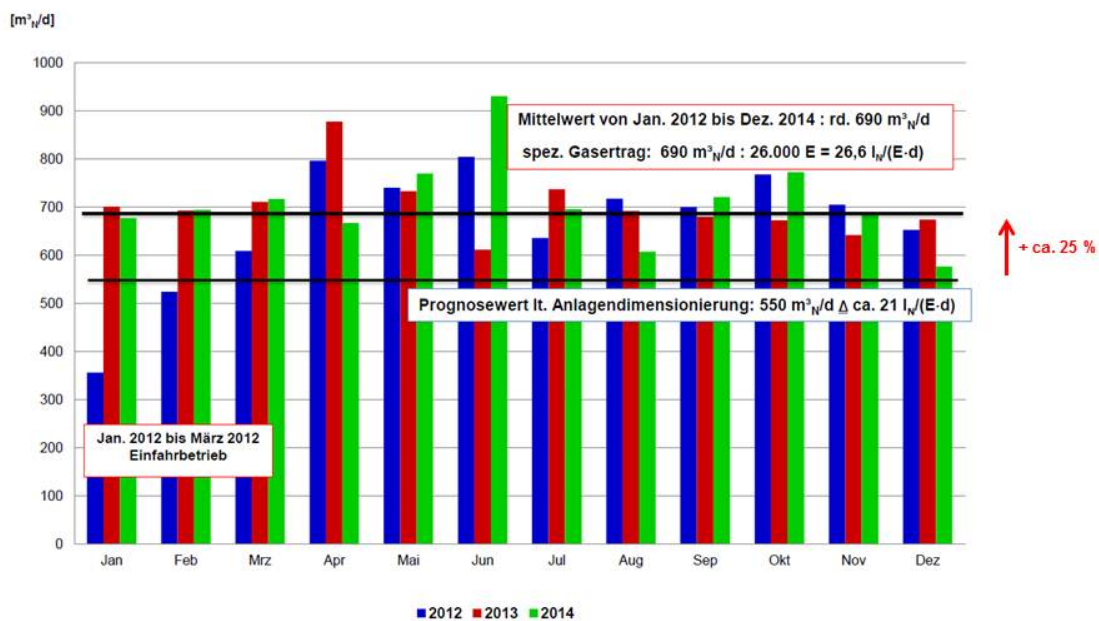
Investitionskosten Verfahrensumstellung KA Linz-Unkel

nur bezogen auf die Faulbehältertechnik mit dem vorgeschalteten Betriebsgebäude

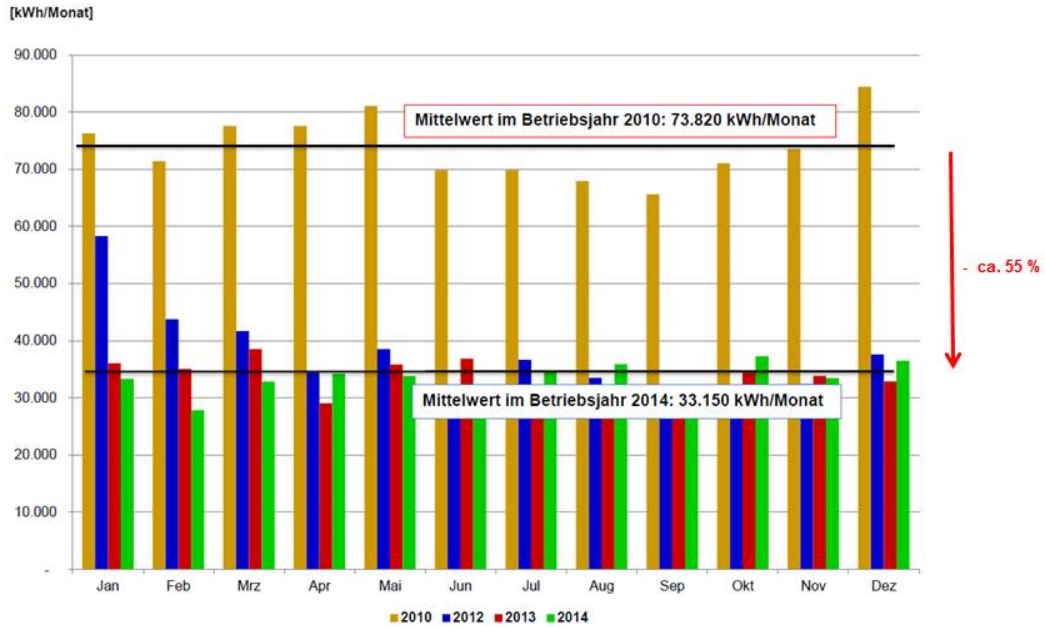
- Bau (Faulbehälter und Technikgebäude)	:	585.000,00 €
- Ausrüstung (ohne MÜSE)	:	285.000,00 €
- EMSR-Technik	:	110.000,00 €
Zwischensumme		980.000,00 €
zzgl. Baunebenkosten	:	140.000,00 €
Zwischensumme		1.120.000,00 €
zzgl. 19% MwSt.	:	156.800,00 €
Gesamt (gerundet)	:	1.277.000,00 €



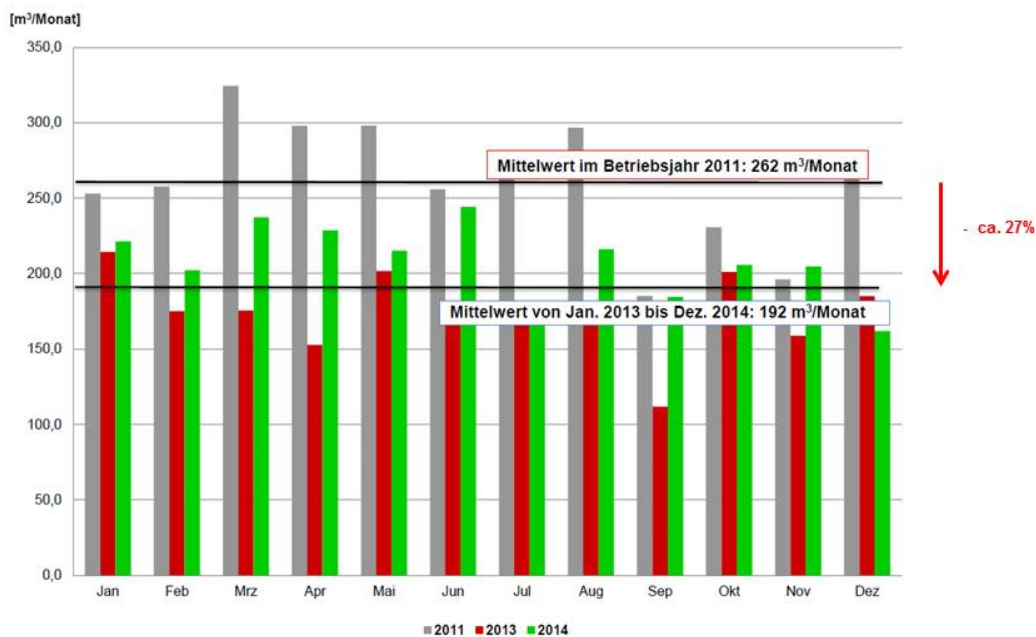
Betriebsergebnisse KA Linz-Unkel: Gasproduktion



Betriebsergebnisse KA Linz-Unkel: Stromfremdbezug



Betriebsergebnisse KA Linz-Unkel: Klärschlammengen



Betriebsergebnisse KA Linz-Unkel: Wirtschaftlichkeit

Erstfinanzierungsbetrag = Investitionskosten	2.588.000,00	€
Zinssatz Finanzierung	3,0	%
Laufzeit Finanzierung	30	a
Gesamttilgungszeitraum	30	a
Reinvestitionskosten nach 20 Jahren	1.345.000,00	€
Zinssatz Reinvestitionskostenfinanzierung	3,0	%

resultierende Kapitalkosten (im Mittel) 139.000,00 €/a

Betriebskosten

Personal	8 h/Wo x 30,00 €/h x 52 Wo/a	12.480,00 €/a
Wartung	0,25 %/a Bau u. 0,5 %/a Ausrüstung	9.830,00 €/a
	Turbine (300.000 kWh/a x 0,015 €/kWh)	4.500,00 €/a
Strom	485.000 kWh x 0,195 €/kWh	- 94.575,00 €/a
Konditionierungsmittel		- 22.500,00 €/a
Entsorgungskosten		- 58.435,00 €/a
KWK-Bonus	300.000 kWh/a x 0,0511 €/kWh	- 15.330,00 €/a
Kostenvorteil (ohne Berücksichtigung von BK-Steigerungen)		-164.030,00 €/a

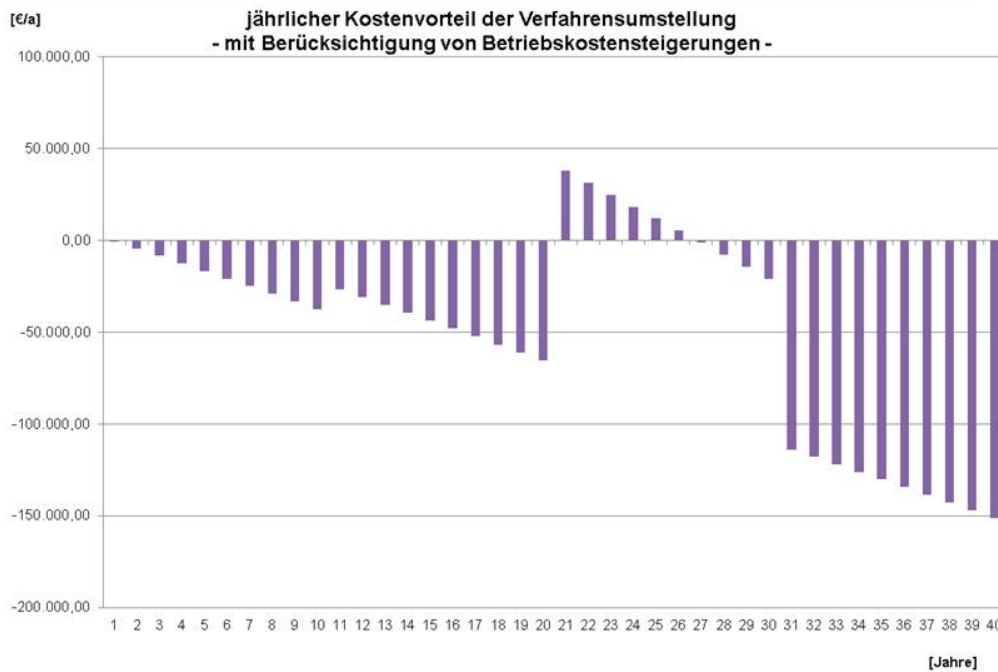


Zahlungsströme mit Berücksichtigung von BK-Steigerungen

Jahr	Finanzierung Investkosten		Finanzierung Reinvestkosten		Betriebskostenanteile bzw. -veränderungen							Differenzbetrag
	Zinsen	Tilgung	Zinsen	Tilgung	Personal	Wartung	Strom	KWK-Bonus	EEG-Umlage	Kond.Mittel	KS-Entsorgung	
1	77.640,00	86.266,67			12.480,00	14.330,00	-94.575,00	-15.330,00	0,00	-22.500,00	-58.435,00	-123,33
2	75.052,00	86.266,67			12.542,40	14.401,65	-95.520,75	-15.330,00	0,00	-22.612,50	-59.019,36	-4.219,88
3	72.464,00	86.266,67			12.605,11	14.473,66	-96.475,96	-15.330,00	0,00	-22.725,56	-59.609,54	-9.331,63
4	69.876,00	86.266,67			12.668,14	14.546,03	-97.440,72	-15.330,00	0,00	-22.839,19	-60.205,64	-12.458,72
5	67.288,00	86.266,67			12.731,48	14.618,76	-98.415,12	-15.330,00	0,00	-22.953,39	-60.807,70	-16.601,30
6	64.700,00	86.266,67			12.795,14	14.691,85	-99.399,28	-15.330,00	0,00	-23.068,15	-61.415,77	-20.759,65
7	62.112,00	86.266,67			12.859,11	14.765,31	-100.393,27	-15.330,00	0,00	-23.183,49	-62.029,93	-24.933,60
8	59.524,00	86.266,67			12.923,41	14.839,14	-101.397,20	-15.330,00	0,00	-23.299,41	-62.650,23	-29.123,63
9	56.936,00	86.266,67			12.988,02	14.913,33	-102.411,17	-15.330,00	0,00	-23.415,91	-63.276,73	-33.329,79
10	54.348,00	86.266,67			13.052,96	14.987,90	-103.435,28	-15.330,00	0,00	-23.532,99	-63.909,50	-37.552,24
11	51.760,00	86.266,67			13.118,23	15.062,84	-104.469,64		0,00	-23.650,65	-64.548,59	-41.785,15
12	49.172,00	86.266,67			13.183,62	15.138,15	-105.514,33		0,00	-23.769,91	-65.194,08	-46.021,68
13	46.584,00	86.266,67			13.249,74	15.213,84	-106.569,48		0,00	-23.889,75	-65.846,02	-50.270,28
14	43.996,00	86.266,67			13.315,99	15.289,91	-107.635,17		0,00	-24.007,19	-66.504,48	-54.529,89
15	41.408,00	86.266,67			13.382,57	15.366,36	-108.711,52		0,00	-24.127,23	-67.169,53	-58.796,54
16	38.820,00	86.266,67			13.449,48	15.443,19	-109.798,64		0,00	-24.247,86	-67.841,22	-63.069,38
17	36.232,00	86.266,67			13.516,73	15.520,41	-110.896,63		0,00	-24.369,10	-68.519,63	-67.342,56
18	33.644,00	86.266,67			13.584,31	15.598,01	-112.005,59		0,00	-24.490,95	-69.204,83	-71.616,38
19	31.056,00	86.266,67			13.652,23	15.676,00	-113.125,65		0,00	-24.613,40	-69.896,88	-75.891,02
20	28.468,00	86.266,67			13.720,49	15.754,38	-114.256,90		0,00	-24.736,47	-70.595,85	-80.165,68
21	25.880,00	86.266,67	40.350,00	67.250,00	13.789,10	15.833,15	-115.399,47		0,00	-24.860,15	-71.301,80	-84.440,49
22	23.292,00	86.266,67	38.332,50	67.250,00	13.858,04	15.912,32	-116.553,47		0,00	-24.984,45	-72.014,82	-88.715,88
23	20.704,00	86.266,67	36.315,00	67.250,00	13.927,33	15.991,88	-117.719,00		0,00	-25.109,37	-72.734,97	-92.991,53
24	18.116,00	86.266,67	34.297,50	67.250,00	13.996,97	16.071,84	-118.896,19		0,00	-25.234,92	-73.462,32	-97.267,54
25	15.528,00	86.266,67	32.280,00	67.250,00	14.069,95	16.152,20	-120.085,15		0,00	-25.361,09	-74.196,94	-101.543,63
26	12.940,00	86.266,67	30.262,50	67.250,00	14.137,29	16.232,96	-121.286,01		0,00	-25.487,90	-74.938,91	-105.819,80
27	10.352,00	86.266,67	28.245,00	67.250,00	14.207,98	16.314,13	-122.498,67		0,00	-25.615,34	-75.688,30	-110.096,14
28	7.764,00	86.266,67	26.227,50	67.250,00	14.279,02	16.396,70	-123.723,85		0,00	-25.743,42	-76.445,19	-114.372,58
29	5.176,00	86.266,67	24.210,00	67.250,00	14.350,41	16.477,67	-124.961,09		0,00	-25.872,13	-77.209,64	-118.648,51
30	2.588,00	86.266,67	22.192,50	67.250,00	14.422,16	16.560,06	-126.210,70		0,00	-26.001,49	-77.981,73	-122.924,54
31			20.175,00	67.250,00	14.494,27	16.642,86	-127.472,81		0,00	-26.131,50	-78.761,55	-127.199,57
32			18.157,50	67.250,00	14.566,74	16.726,08	-128.747,54		0,00	-26.262,16	-79.549,17	-131.474,50
33			16.140,00	67.250,00	14.639,58	16.809,71	-130.035,01		0,00	-26.393,47	-80.344,66	-135.749,43
34			14.122,50	67.250,00	14.712,78	16.893,76	-131.336,36		0,00	-26.525,44	-81.148,11	-140.024,36
35			12.105,00	67.250,00	14.786,34	16.978,23	-132.648,72		0,00	-26.658,06	-81.959,59	-144.299,29
36			10.087,50	67.250,00	14.860,27	17.063,12	-133.975,21		0,00	-26.791,36	-82.779,18	-148.574,22
37			8.070,00	67.250,00	14.934,57	17.148,43	-135.314,96		0,00	-26.925,31	-83.606,97	-152.849,15
38			6.052,50	67.250,00	15.009,25	17.234,17	-136.666,11		0,00	-27.059,94	-84.443,04	-157.124,08
39			4.035,00	67.250,00	15.084,29	17.320,34	-138.034,79		0,00	-27.195,24	-85.287,47	-161.398,01
40			2.017,50	67.250,00	15.159,71	17.406,95	-139.415,14		0,00	-27.331,21	-86.140,35	-165.671,94
	1.203.420,00	2.588.000,00	423.675,00	1.345.000,00	561.102,41	632.796,28	-4.623.428,76	-153.300,00	0,00	-993.574,06	-2.896.675,23	-1.882.984,26



Zahlungsströme mit Berücksichtigung von BK-Steigerungen



Ausgangssituation auf der KA Selters

Abwasserreinigung mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung

Inbetriebnahme	:	1990
Ausbaugröße (ursprünglich)	:	8.500 EW
durch Stilllegung/Anschluss von 3 St. Teichkläranlagen Erhöhung auf	:	11.500 EW
Anlagenbelastung (im Jahresmittel)	:	10.000 EW



Ausgangssituation auf der KA Selters

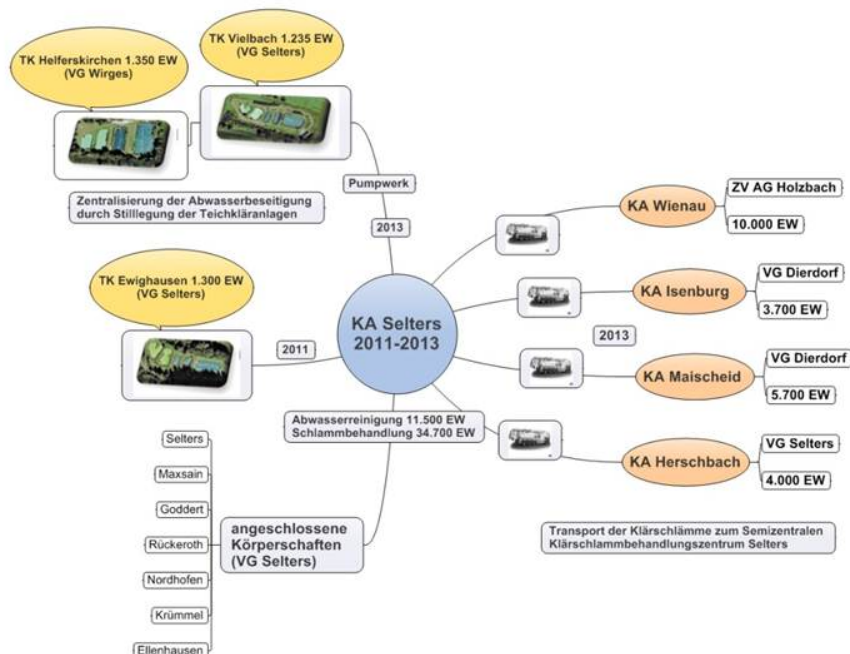
Kapazitätserhöhung war durch die Umstellung der Verfahrensführung ohne Ausbau der biologischen Anlagenstufe möglich.

Zur Optimierung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurde ein Gemeinschaftsprojekt mit umliegenden Gebietskörperschaften initiiert, welches die Annahme und Mitbehandlung des Klärschlammes von 4 weiteren Kläranlagen berücksichtigt.

Bezogen auf die Schlammmenge beträgt die Ausbaugröße der Kläranlage 34.700 EW.



Semizentrale Klärschlammbehandlung KA Selters



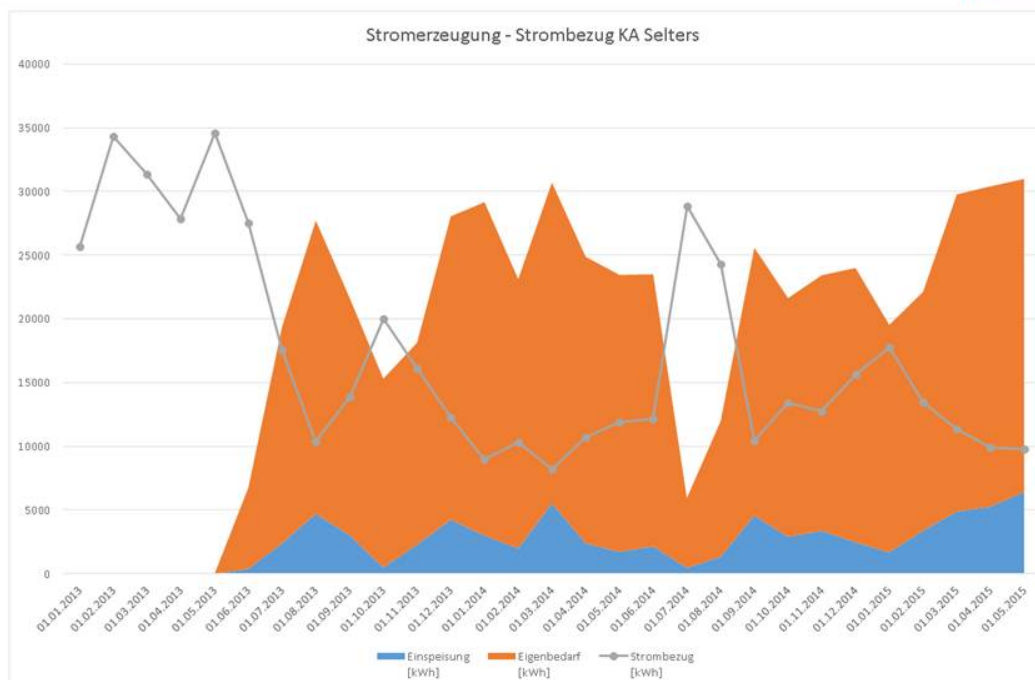
Semizentrale Klärschlammbehandlung KA Selters



Anlagentechnik: Verstromung über Gasmotor



Betriebserfahrungen auf der KA Selters



Betriebserfahrungen auf der KA Selters

Die "Satellitenkläranlagen" liefern unterschiedliche Schlammqualitäten, die den Verfahrenserfolg beeinflussen.

Zwischenspeicherung auf den Satellitenanlagen, die Transportlogistik und Annahmekapazitäten auf der der semizentralen Behandlungsanlage erfordern eine enge Abstimmung zwischen dem jeweiligen Betriebspersonal und dem beauftragten Transporteur.

Rückbelastung mit Filtratwasser aus der Schlammwässerung führt im Sommer zu Problemen. Das ursprünglich angedachte Konzept eines Rücktransports der anteiligen Filtratwassermengen zu den jeweiligen Satellitenkläranlagen ist nicht zufriedenstellend.



allgemeine Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung

- ▶ gute Einmischung des zugeführten Rohschlammes
- ▶ gute Durchmischung des gesamten Reaktorinhalts durch die eingesetzten Zentralrührwerke
- ▶ hohe Betriebssicherheit durch Aufteilung des Gesamtvolumens auf zwei Behandlungsreaktoren
- ▶ Außerbetriebnahme eines Reaktors im Bedarfsfall leicht möglich



allgemeine Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung

- ▶ überdurchschnittliche Gasproduktion hat sich bisher auf allen umgesetzten Anlagen gezeigt.

Hierfür werden folgende Gründe angeführt:

**Optimierte Ausgasung durch große freie Oberfläche
verfahrenstechnische Vorteile der zweistufigen Prozessführung (hochbelastete erste Stufe)**

Abwärme der BHKW's wird auch in der warmen Jahreszeit in der Regel vollständig an die Faulung abgegeben; hohe Prozesstemperaturen (ca. 40 °C) bewirken höhere Abbauleistung



allgemeine Betriebserfahrungen mit der 2-stufigen Kompaktfaulung

- ▶ **Alle Maschinen und sonstigen Anlagenteile sind gut zugänglich und können vom Personal leicht gewartet werden.**
- ▶ **Das Verfahren ist einfach und arbeitet äußerst betriebsstabil. Es erfordert keine besonderen Kenntnisse und bedarf keiner langen Einarbeitungszeit des Personals.**
- ▶ **einfache Bauwerkskubatur mit geraden Betonwänden und vorgelagertem Technikgebäude in Massivbauweise mit Pultdach kann von ortsansässigen Bauunternehmen ausgeführt werden, so dass sich eine gute Wettbewerbssituation ergibt und die Wertschöpfung in der Region bleibt.**



Bisher umgesetzte Kompaktfaulungsanlagen

Kläranlage <u>in Betrieb</u>	Ausbaugröße [EW]
Linz-Unkel	30.000
Westerburg	27.500
Selters	34.700
Saulheim	30.000
Maifeld	35.000

Kläranlage <u>im Bau</u>	Ausbaugröße [EW]
Simmern	40.000



Kompaktfaulungsanlagen in Planung

Kläranlage <u>in Planung</u>	Ausbaugröße [EW]
Adelsdorf	25.000
Mittlerer Itzgrund	22.000
Marktoberdorf	40.000
Markt Indersdorf	18.000
Bad Salzig	12.500
Lollar-Staufenberg	32.000
RHV Pladenbach	30.000
Mogilno (Polen)	19.500



Auszeichnung



Thermische Klärschlamm-trocknung KA Linz-Unkel

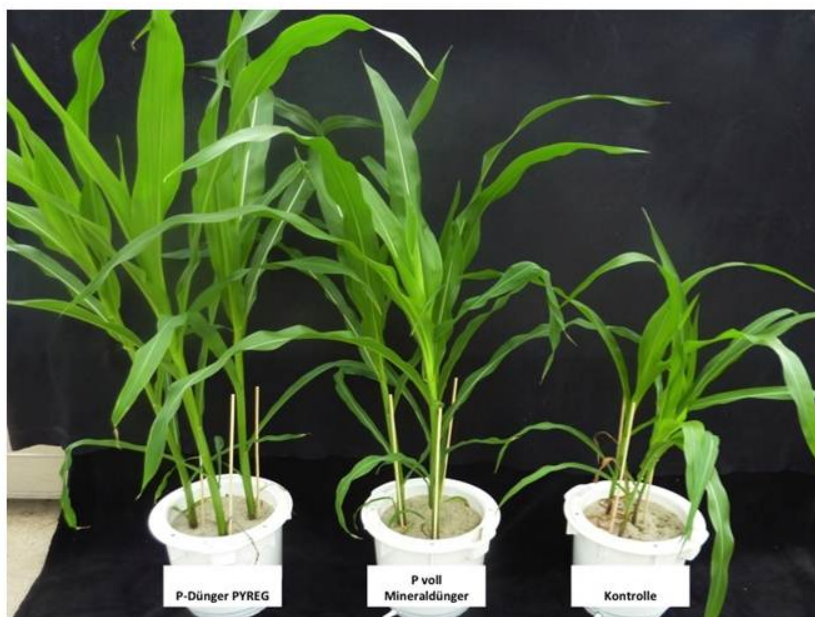


Trocknung

Pyreg-Anlage



Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors



Thermische Klärschlammbehandlung

Einweihung auf der KA Linz-Unkel am 02.09.2015



Für die Beantwortung ihrer Fragen stehen wir
gerne zur Verfügung.



...grüßt...



Tagungsleitung / Referenten

Stefan Bleisteiner
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5736
E-Mail: Stefan.Bleisteiner@lfu.bayern.de

Bürgermeister
Ludwig Wachs
Markt Bad Abbach
Raiffeisenstr. 72
93077 Bad Abbach
Tel.: 09405 9590–0
E-Mail: udwig.wachs@bad-abbach.de

Edwin Bailer
Fa. DynaHeat
Eichenweg 1
86573 Obergriesbach
Tel.: 08251 8884230
E-Mail: Edwin.Bailer@dynaheat-hpe.com

Prof. Dr. Oliver Christ
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Sandrinaweg 1
91746 Weidenbach
Tel.: 09826 654–229
E-Mail: Oliver.Christ@hswt.de

Kai Christensen
BBI Bauer Beratende Ingenieure
Heinkelstraße 3
93049 Regensburg
Tel.: 0941 40208–40
E-Mail: Kai.Christensen@bbi-ingenieure.de

Erich Englmann
Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
Tel.: 089 9214–4380
E-Mail: Erich.Englmann@stmuv.bayern.de

Dipl.-Ing. Jürgen Jakob
Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner
Segbachstraße 9
56743 Thür
Tel.: 02652 9398-0
E-Mail: J.Jakob@Siekmann-ingenieure.de

Matthias Kraft
Ing. Büro BaurConsult, Büro Pegnitz
Bahnhofstraße 21-23
91257 Pegnitz
Tel.: 09241 985-0
E-Mail: pegnitz@baurconsult.com

Dr. Kurt Müller
Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
Tel.: 089 9214–2561
E-Mail: Kurt.Müller@stmuv.bayern.de

Dr. Dieter Schreff
Ing. Büro Schreff
Stadtplatz 15
83714 Miesbach
Tel.: 08025 9977206
E-Mail: Schreff@ib-schreff.de

Dr. Klaus Siekmann
Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner
Segbachstraße 9
56743 Thür
Tel.: 02652 9398-0
E-Mail: K.Siekmann@Siekmann-ingenieure.de

Detlef Wedi
Ing. Büro ATM
Friedrich-Seele-Straße 1b
38122 Braunschweig
Tel.: 0531 573334
E-Mail: dw@ib-wedi.de

