



Übergabebericht 27.4.2016:

Energiecheck Kläranlage Feldkirchen-Westerham

Peter Blenninger

Gerhard Huppmann, GeHuTec Consult, BIUKAT e. V.

Prof. Dr. Stefan-Alexander Arlt, HAW Landshut

Hans Schmelmer, H. Schäffler, KLA Feldkirchen-Westerham





Energiecheck und Energieanalyse der Kläranlage nach dem Richtlinienblatt DWA-A 216 * in Zusammenarbeit mit der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut

Der Energiecheck und die Energieanalysen wurden im Rahmen der Bachelorarbeit von Herrn Peter Blenninger durchgeführt.

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. Stefan-Alexander Arlt, Prof. Dr. Josef Hofmann, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Landshut

Technische Leitung: Dipl.-Phys. Gerhard Huppmann, GeHuTec Consult

**) DWA: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.*





Kennzahlen der Kläranlage Feldkirchen-Westerham/Feldolling im Jahr 2014

Jahresschmutzwassermenge 2014 ca.	630.000 m ³ /a
Fremdwasseranteil ca.	25 %
Trennsystem	
Durchflussmenge ca.	800.000 m ³ /a
Einwohnerwerte	
zugrundegelegter Wert für Berechnungen	12.000 EW
Größenklasse	4
Größenklassenbereich	10.000 – 100.000 EW



Kennwerte der KLA Feldkirchen-Westerham

weitere Kennzahlen der Kläranlage Feldkirchen-Westerham/Feldolling im Jahr 2014

Klärgaserzeugung im Faulurm ca. 131.675 m³ /a
entsprechend 121.572 Nm³ /a

Wärmeverbrauch Bauhof, umgerechnet in Klärgas 9.553 Nm³ /a

Wärmeverbrauch KLA, umgerechnet in Klärgas 74.255 Nm³ /a

Restklärgas an Fackel	37.764 Nm ³ /a
entsprechend	226.584 kWh/a
oder bewertet mit Ölpreis 0,57 €/l	12.915 €/a

Stromverbrauch gesamt	498.000 kWh/a oder	89.640 €/a
davon Bauhof ca.	24.500 kWh/a oder	4.410 €/a
KLA	473.500 kWh/a oder	85.230 €/a



Besonderheiten der Kläranlage Feldkirchen-Westerham

- Keine Stromerzeugung aus Klärgas;
- Versorgung mit elektrischer Energie des angrenzenden Bauhofs erfolgt über den Energie-Zähler der Kläranlage. Der nachgeschaltete Energie-Zähler im Bauhof erlaubt nur eingeschränkte Informationen;
- Der Bauhof wird mit Wärme aus dem Klärgas-/Heizölkessel der Kläranlage versorgt. Der Wärmetransport erfolgt durch eine verlustbehaftete Nahwärmeleitung. Die Wärmemengen-Messung erfolgt erst im Bauhof. Es wird nur erfasst, was im Bauhof ankommt, nicht was die KLA liefert; alle Wärmeverluste können nur abgeschätzt werden (bei ca. 41%);
- Gasspeicher der KLA : 250 m³; ab einem Füllgrad von 240 m³ wird das Gas zur Verbrennung in der Fackel geleitet;
- Am Eingang der Kläranlage ist aufgrund der Topographie kein Hebewerk notwendig.





Energiecheck nach DWA-A 216: Ermittelte Kennwerte

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung Kennzahl	Ergebnis	Unterschreitungshäufigkeit
e_{ges}	kWh/(E*a)	Spezifischer Gesamtstromverbrauch	39,44	62%
e_{BEL}	kWh/(E*a)	Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung	11,3	18%
$e_{FG,1}$	$l_N/(E*d)$	Spezifische Faulgasproduktion 1	26,96	57%
$e_{FG,2}$	$l_N/kg \text{ oTR}$	Spezifische Faulgasproduktion 2	498,46	65%
N_{FG}	%	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität	0	unbestimmt
V_E	%	Eigenversorgungsgrad Elektrizität	0	unbestimmt
e_{ext}	$kWh_{th}/(E*a)$	Spezifischer externer Wärmebezug	0,49	65%
e_{PW}	Wh/(m ³ *m)	Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk	keine Berechnung	





Verbesserungspotenziale - Übersicht:

- Derzeit werden jährlich über 35.000 Nm³ Klärgas über die Fackel ungenutzt verbrannt. Alle möglichen Verbesserungen werden deshalb durch den Aufbau einer Stromerzeugung aus Klärgas dominiert.
- **Einsatz eines Blockheizkraftwerks zur Verstromung des Klärgases unter Nutzung der BHKW-Wärme zur Wärmeversorgung der KLA. Nutzung der erzeugten elektrischen Energie zur Eigenstromversorgung.**
- Alle weiteren untersuchten Verbesserungsvorschläge resultieren in der Einsparung von Energie in Form von Heizenergie aus Klärgas oder von elektrischer Energie. Sie machen daher erst Sinn, wenn eine Nutzung des Klärgases anstelle des Verbrennens in der Fackel realisiert ist.





Beim Betrieb eines BHKW zur Eigenstromerzeugung sind zwei Optionen wählbar:

- **Der Bauhof wird mittels einer Gasleitung mit Klärgas versorgt.** Die gesamte restliche Menge Klärgas wird mittels BHKW in Strom und Wärme gewandelt. Die erzeugte Strommenge ist geringer als der Verbrauch der Kläranlage und kann so problemlos verwendet werden; mindert so den teuren externen Strombezug. Eine Netzeinspeisung entfällt.
- **Der Bauhof versorgt sich autark mit der nötigen Wärmeenergie,** z. B. mit einer Hackschnitzelheizung. Dadurch steigt die durch ein BHKW nutzbare Klärgasmenge, bleibt aber im verwendbaren Rahmen.





BHKW zur Verstromung und zur Wärmeversorgung Variante: Der Bauhof wird mit Klärgas beliefert

BHKW, Nennleistung	25	kW
Wirkungsgrad elektrisch*	29,8	% bei Nennlast
Wirkungsgrad thermisch*	57,1	% bei Nennlast
mittlere Jahreslaufzeit	91	%

*) Werte aus Richtangebot eines Herstellers von Klärgas-BHKWs



Energiecheck KLA Feldkirchen-Westerham - Verbesserungspotenziale



BHKW 25 kW Nennleistung

Stromerzeugung, Eigenbedarf berücksichtigt 192.170 kWh/a
 entspricht einer Eigenversorgung
 von KLA und Bauhof von 39 %
 Einsparung Stromkosten bei 0,18 €/kWh **34.519 €/a**

Wärmeerzeugung 383.897 kWh/a
 Wärmebedarf der KLA 447.280 kWh/a
Wärmedefizit 83.241 kWh/a

Deckung des Wärmedefizits durch Heizöl mittels vorhandener Infrastruktur
 (Brenner, Kessel)

entsprechender Heizölverbrauch 8.324 l/a
Heizölkosten bei 0,57 €/l **4.745 €/a**

Gewinn durch BHKW-Betrieb **29.846 €/a**



Abschätzung der Investitionssumme für BHKW

Gasleitung zum Bauhof, geschätzt	10.000 €
Wasserabscheider am Eingang der Gasleitung	1.000 €
Gastherme im Bauhof	10.000 €
Blockheizkraftwerk, 25 kW	54.000 €
Steuerung, Nebenaggregate, etc.	15.000 €
Gasreinigung, Sonstiges	20.000 €
Gesamt	110.000 €





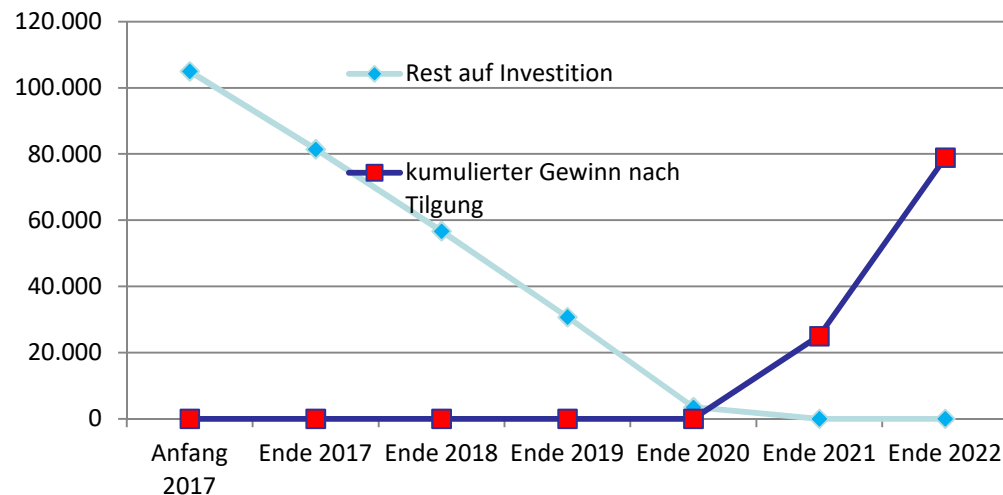
Pay-back und Gewinnverlauf

bei

- Zins: 3%
- Ölpreissteigerung 10%/a
- Strompreissteigerung 3%/a
- Betrieb u. Wartung 3% der Investkosten
- Steig. Betr. u. Wart. 3%/a

• **Amortisationszeit 4 Jahre**

Pay-back und Gewinnverlauf





Sensitivitätsanalyse 1

Änderung des Jahresgewinns bei Änderung des Ölpreises bei festem Strompreis von 0,18 €/kWh bzw. 0,25 €/kWh:

Ölpreis €/l	Strompreis €/kWh	Jahresgewinn €/a	Strompreis €/kWh	Jahresgewinn €/a
0,57	0,18	29.846	0,25	43.298
1,00	0,18	26.267	0,25	39.718
1,20	0,18	24.602	0,25	38.054
1,50	0,18	22.104	0,25	35.556

Die Sensitivität des Jahresergebnisses auf Änderungen des Ölpreises ist vergleichsweise gering zu der bei Änderungen des Strompreises.





Sensitivitätsanalyse 2

Da Preisänderungen bei Heizöl stets auch Änderungen des Strompreises nach sich ziehen, gleichen sich die beiden Sensitivitäten weitgehend gegeneinander aus, sodass bei sich ändernden Preisen die Amortisationszeiten sich kaum ändern werden.

Wie muss sich der Strompreis ändern, wenn bei sich änderndem Ölpreis der Jahresgewinn und damit die Amortisationszeit konstant bleiben soll?

Ölpreis	Jahresgewinn	Strompreis
€/l	€/a	€/kWh
0,57	29.850	0,18
0,80	29.853	0,19
1,00	30.367	0,20
1,50	29.791	0,22

Eine Ölpreiserhöhung um 160 % wird von einer Strompreiserhöhung von 22 % kompensiert.





Weitere Handlungsoptionen

- Ersatz der Wärmeleitung zum Bauhof durch eine Gasleitung und Einbau einer Therme (ca. 25 kW) im Bauhof (ist Voraussetzung für BHKW). Alternativ Verbesserung der Wärmeisolation der Wärmeleitung
- Belüftung Sandfang
- Reinigung/Erneuerung der Belüfterplatten im Belebungsbecken
- Reduktion der Faulraumtemperatur
- Schlammvorwärmung vor Faulraum gegen Schlammaustrag
- Einbau von Strom- und Wärmemengenzählern

Diese Vorschläge sind mit Ausnahme des ersten nur realisierbar, wenn die Voraussetzungen für die sinnvolle Nutzung eingesparter Gas- oder Strommengen gegeben sind. Sie setzen das BHKW voraus.

Der Vollständigkeit halber sind diese Vorschläge im Anhang erläutert.





Zusammenfassung und Empfehlung

Als sinnvollste und wichtigste Maßnahme ergibt sich die Komplettierung der Kläranlage mit einem Blockheizkraftwerk mit 25 kW Nennleistung.

Diese Maßnahme würde sich durch Einsparungen im Strombezug innerhalb von 3,5 bis 4 Jahren amortisieren und danach (nach den vorliegenden Zahlen) etwa 30.000 € jährlich mit steigender Tendenz Stromkosten einsparen.

Die weiteren, im Anhang zu diesem Bericht genannten Verbesserungen können nur wirksam werden, wenn die Voraussetzungen zur sinnvollen Nutzung des eingesparten Klärgases vorhanden sind. Sie würden die Rentabilität des Blockheizkraftwerks weiter erhöhen.

Für die Variante einer Eigenversorgung des Bauhofs ergibt sich nach vorläufiger Rechnung für das BHKW eine Nennleistung von ca. 30 kW. An der Amortisationszeit ändert sich nichts.





Weitere Empfehlungen Anhang





Ersatz der Wärmeleitung zum Bauhof durch Klärgasleitung und Gastherme (ca. 20 kW Nennleistung) im Bauhof.

Dies hätte die fast vollständige Vermeidung der Verluste der Wärmeleitung von ca. 37.000 kWh/a bei Bauhofeingang von 52.500 kWh/a zur Folge.

Der Preis für den Bau einer Gasleitung ist sehr von der Streckenführung abhängig, insbesondere, wenn Teile der Gasleitung unterirdisch verlegt werden müssen. Sie sollte sich aber für insgesamt 10.000 € realisieren lassen.

Invest:

Gasleitung 10.000 €

Gastherme im Bauhof 10.000 €

Amortisation: nicht bestimmbar, da dem Klärgas kein Preis zugeordnet ist





Alternativ: Verbesserung der Isolation der Warmwasserleitung (Vor- und Rücklauf) zum Bauhof

Der Wärmeverbrauch des Bauhofs wird im Bauhof gemessen. Eine Messung der von der KLA abgegebenen Wärme existiert nicht. Die Wärmeverluste der Nahwärmeleitung zum Bauhof trägt die KLA; sie können nur durch eine Modellrechnung abgeschätzt werden.

Diese Abschätzung der Wärmeverluste ergibt ca. 37.000 kWh/a bei einem Wärmeeingang im Bauhof von ca. 53.000 kWh/a. In der Nahwärmeleitung gehen also ca. 41% der eingespeisten Wärme von 90.000 kWh/a verloren.

Eine Verbesserung der Isolation der Wärmeleitung ist im überirdisch verlegten Bereich kostengünstig realisierbar, im unterirdisch verlegten Bereich dagegen sehr aufwändig.





Belüftung Sandfang

Sollwert	7.183	kWh/a
Istwert	30.222	kWh/a

Maßnahme:

Automatische Regelung der eingeblasenen Luftmenge nach Bedarf (ähnlich der bereits realisierten Automatisierung der Belüftung des Belebungsbeckens). Dadurch Energieeinsparung (Strom) und Verbesserung der Reinigungsleistung.

Einsparung :

23.039 kWh/a je 0,18 € = 4.147 €/a

Invest:

noch nicht geklärt



Belebungsbecken

Der spezifische Stromverbrauch für die Belüftung der Belebungsbecken ist nach dem Energiecheck mit einer Unterschreitungshäufigkeit von nur 18 % als sehr gut einzustufen. Eine Änderung erscheint derzeit deshalb nicht als vordringlich.

Die Luft- und damit die Sauerstoffzufuhr ist für jede der 4 Kammern des Belebungsbeckens mittels Sonde zur Sauerstoffbedarfsmessung und 3 geregelten Gebläsen automatisiert.

Die insgesamt verbauten 320 Belüfterplatten weisen aufgrund verschiedenen Alters verschiedene Degradationsstufen auf. Eine Reinigung könnte die Belüfterleistung wieder verbessern. Evtl. Austausch.

Dies stellt eine Aufgabe dar, die der normalen Wartung der KLA zuzuordnen ist.





Reduktion der Faulraumtemperatur

durchschnittliche Tagesfracht	22 m ³ /d
Verweildauer	32 d
Betriebstemperatur	39 °C

Lt. Klärwärter-Taschenbuch beträgt die Faulzeit für den vollständigen Abbau bei 38 °C nur 20 Tage., bei 30 °C 27 Tage. Für die vorgegebene Faulraumbelastung erscheint eine Absenkung der Faulraumtemperatur auf ca. 30 °C vertretbar. Dies würde den Gasverbrauch der KLA zur Faulraumbeheizung erheblich senken.

Bei Reduktion der Faulraumtemperatur um nur 4 K von 39 °C auf 35 °C würden nach einer ersten Abschätzung 34.000 kWh/a Wärme eingespart, entsprechend 5.600 Nm³ /a Klärgas, die der Verstromung zugute kämen.





Schlammvorwärmung

Einbau eines Wärmetauschers zur Schlammvorwärmung vor Faulturm gegen Austragsschlamm. Damit Reduktion des Wärmebedarfs des Faulturms.

Der den Faulraum verlassende ausgefaulte Klärschlamm besitzt eine Temperatur von ca. 39 °C. Ein Teil der enthaltenen Enthalpie kann zur Vorheizung des in den Faulraum einzubringenden Frischschlammes genutzt werden. Die durchschnittliche Temperatur des Frischschlammes wird mit ca. 12 °C angegeben. Dies würde den Heizbedarf des Faulturms weiter reduzieren.





Erheblicher Stromverbrauch

Der Stromverbrauch des Bauhofs ist in den kalten Monaten (im Februar bis 4 mal so hoch wie im Juli). Daraus stellt sich die Frage nach einer effizienteren Heizung im Bauhof. (Die Strommenge an den Bauhof wird über den Stromzähler der Kläranlage geleitet)





Einsatz erneuerbarer Energien

Photovoltaik

Auf dem Betriebsgelände ist bereits eine Photovoltaikanlage installiert. Sie befindet sich im Besitz eines Interessensverbandes von Bürgern.

Weitere Flächen stehen nicht unmittelbar zur Verfügung.

Windenergie

Für kleinere Anlagen ist der Standort ungeeignet und hohe große Anlagen sind wegen der Nähe wohnbebauter Gebiete nicht genehmigungsfähig.

Wasserkraftnutzung

Die dafür nötigen Voraussetzungen liegen nicht vor.





Einbau von Strom und Wärmemengenzählern

Diese Maßnahme ergibt zwar keinen Gewinn, dafür aber eine bessere Kontrolle der Anlage:

- Gerade bei den Hauptverbrauchern von Strom ist die Installation von Stromzählern sinnvoll. Damit kann eine Degradation bestimmter Anlagen schnell erkannt werden. Eine Verbrauchergruppe beispielsweise sind die Gebläse des Belebungsbeckens.
- Es ist nicht zu erkennen, wie viel Wärmeenergie die einzelnen Verbraucher benötigen. Ein Wärmemengenzähler könnte die Hauptverbraucher besser kontrollieren. Vorstellbar ist ein solcher Zähler für die Schlammaufheizung im Faulturm.





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

BIUKAT e. V.
Bayerisches Institut für Umwelt-
und Kläranlagen-Technologie
Dipl.-Physiker Gerhard Huppmann
Geschäftsführer
Thalbacher Str. 1
85368 Moosburg
www.biukat.de
info@biukat.de

GeHuTec Consult
Dipl.-Physiker
Gerhard Huppmann
Am Mühlbach 4
83620 Feldkirchen.Westerham
gehu@gehutec.de
08063-8524
0176-62984166

