

Abschlussworkshop des Fördermittelschwerpunkts „Energieeffiziente Abwasseranlagen“





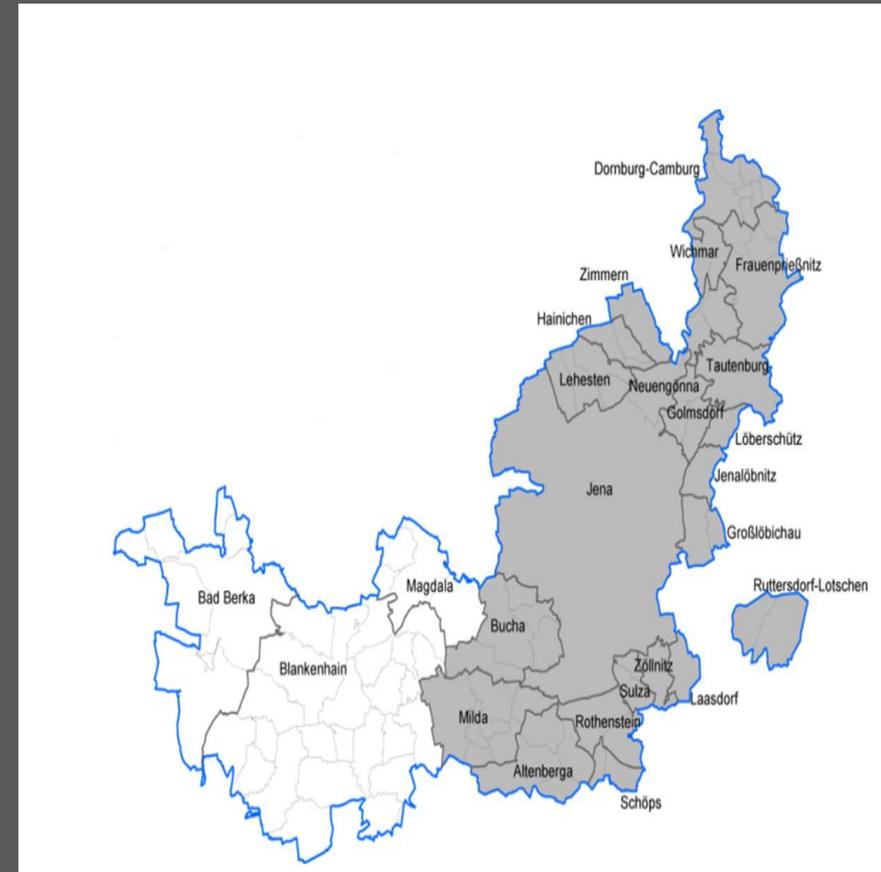
Inhalt :

1. Vorstellung Zweckverband JenaWasser
2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena
3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“
4. Zusammenfassung Projekt Energieautarke Kläranlage Jena
5. Ausblick

1. Vorstellung Zweckverband JenaWasser

Organisation

- 25 Mitgliedsgemeinden
- Betriebsführung durch Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH
- Versorgungsgebiet:
 - ✓ Wasser: 126.000 Einwohner
 - ✓ Abwasser: 143.000 Einwohner



1. Vorstellung Zweckverband JenaWasser

➤ Wasserversorgung:

Netzlänge: 660 km

70% Eigenförderung + 30 %
Fernwasser

➤ Eigenförderung mittels:

- 44 Tiefbrunnen
- 5 Quellen

→ Anschlussgrad: 100 %

➤ Abwasserentsorgung:

Netzlänge: 844 km ohne HA

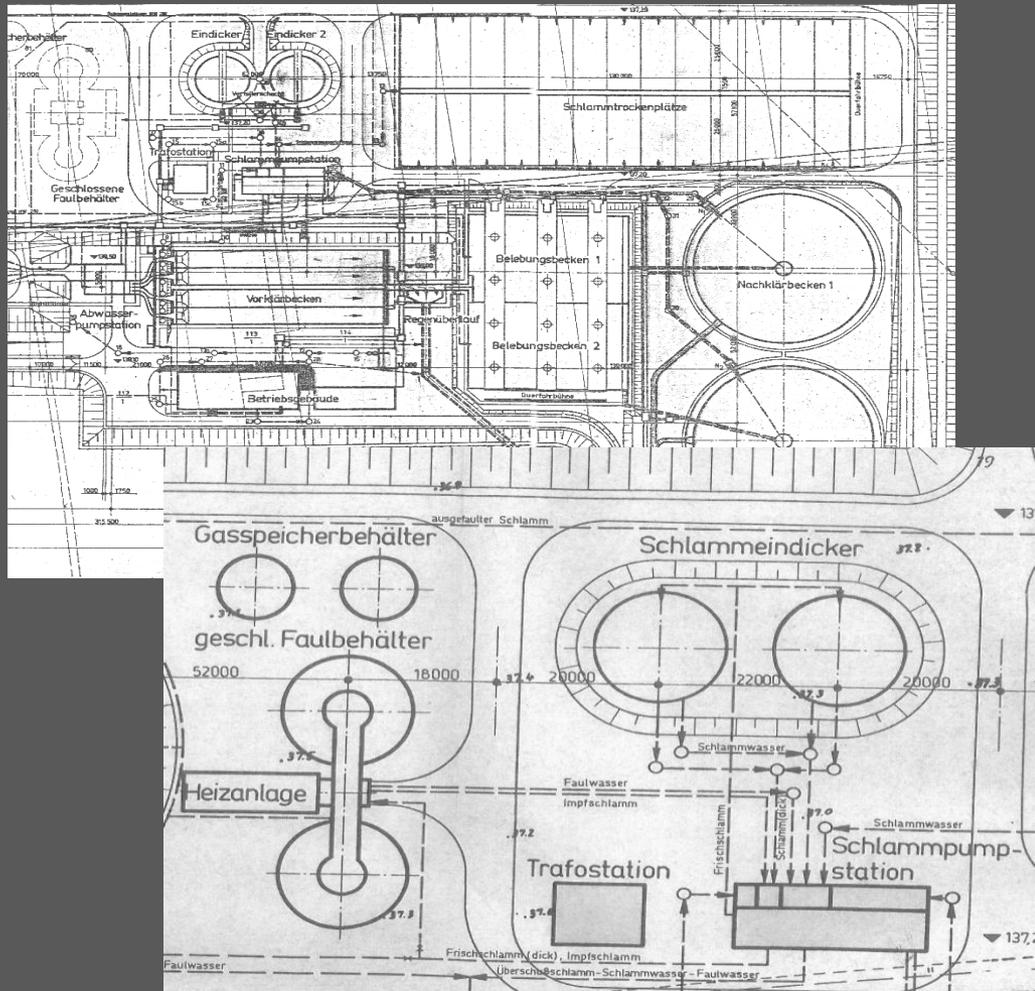
➤ Anlagen zur Abwasserableitung und Abwasserbehandlung:

- 25 Kläranlagen
- 90 Pumpstationen
- 79 Sonderbauwerke (RÜB, RRB)

→ Anschlussgrad: 93,8 %



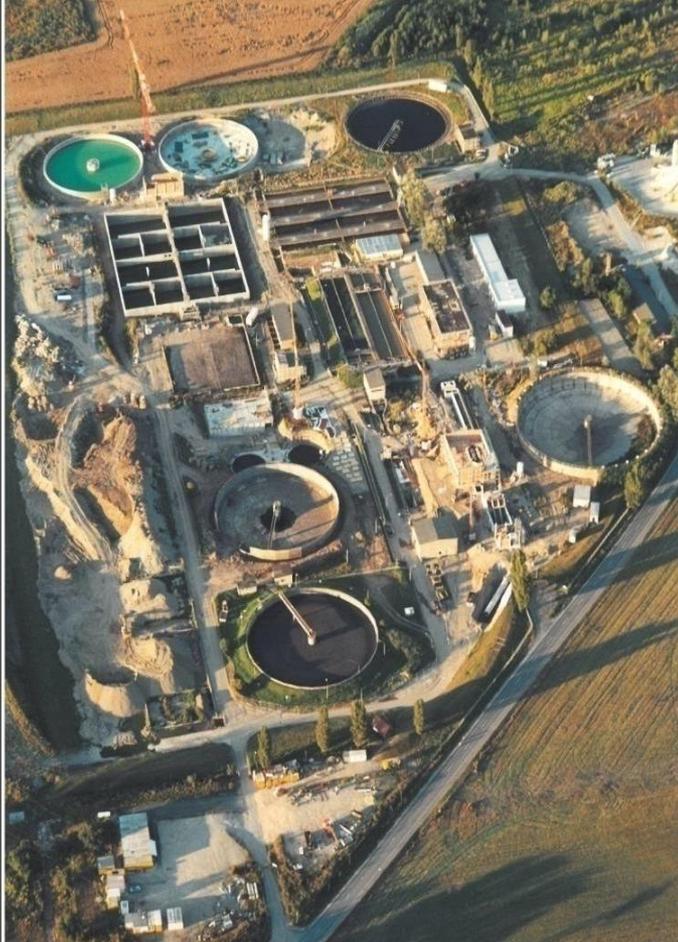
2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena



- Planung Zentralkläranlage Jena ab 1971 mit biologischer Grundreinigung und geschlossener Faulung
- Ausbaugröße: 305.000 EW
- Bau 1976-1981
- allerdings mit offenen Faulbehältern, bedingt durch Mangelwirtschaft

Energiebezug
2 Mio. kWh/a

2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena



Rekonstruktion und Erweiterung der Zentralkläranlage Jena (ZKA) (1998 – 2001)

- erweiterter Nährstoffelimination
- Ausbaugröße 145.000 EW
- geschlossener Faulung mit anschließender Eigenenergieerzeugung
- moderne feinblasige Belüftung anstelle Kreisbelüfter
- Aufbau eines Energiemanagements

2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena



Rekonstruktion und Erweiterung der Zentralkläranlage Jena (ZKA) (1998 – 2001)

- Fertigstellung: 2001
- Senkung Energiebezug
von 2 Mio. kWh/ a
auf 1 Mio. kWh/ a

Technische Daten:

- 2 Faulbehälter mit je 2.000 m³
- 2 BHKW (Typ: MWM) mit je 250 kWel
- Umwälzung mittels Gaseinpressung

Eigenversorgungsgrad

- **Elektroenergie 64 %**
- **Wärme 98%**

2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena

Kapazitätserweiterung 2005 - 2007

Problemstellung :

- Anstieg Belastung auf ca. 180.000 EW
- Verschleißerscheinungen an EPDM Belüfterelementen
- Belüftungsanlage kapazitiv am Ende, Vollastbetrieb ohne Redundanz

Rahmenbedingungen :

- relativ neue Maschinengebäude und Klärbecken
- stark rückläufiger Fremdwasseranteil durch Umsetzung Fremdwasserbeseitigungskonzept
- Nachklärbecken ausreichend dimensioniert im Istbestand

Ziel :

- Kapazitätserweiterung ohne Gebäude- und Beckenerweiterung durch Modernisierung der Ausrüstung

2. Entwicklungsetappen der Zentralen Kläranlage Jena

Sanierungskonzept

- Erneuerung Belüftungstechnik der Belebungsbecken mit Einsatz hocheffizienter Membran-Rohrbelüfter aus Silikon und Erneuerung der Druckluftleitungen (Ringleitung)
- Ersatz zweier Drehkolbengebläse durch zwei magnetgelagerte Turboverdichter mit höherer Leistung

Der Netzbezug Strom verringerte sich trotz gesteigener Belastung und Ausbau der Reinigungskapazität **von ca. 1 Mio. kWh auf 0,8 Mio. kWh/a**



3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Vorüberlegungen und Vorarbeiten:

- In Zusammenhang mit der Anpassung der Schlammbehandlung wurden umfangreiche Untersuchungen zur Erhöhung der Eigenenergieerzeugung durchgeführt (Austausch zweier Siebbandpressen, Ersatz durch Hochleistungsdekanter)
- in Vorversuchen wurden Potentiale zur Erhöhung der Klärgasproduktion festgestellt, die geeignet waren, eine nahezu vollständige Eigenversorgung mit Strom zu erreichen
- Neben der Erhöhung der Faulzeit wurde u.a. die Effizienz der Klärgasproduktion und der Klärgasausnutzung untersucht (Desintegration, Modernisierung BHKW)

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Schritt 2:

- Einsatz eines weiteren BHKW (400 kWel.)
- Nutzung als Grundlast- BHKW für maximale Ausnutzung der erhöhten Klärgasmenge
- bestehende BHKW (je 250 kWel.) für Spitzenleistung

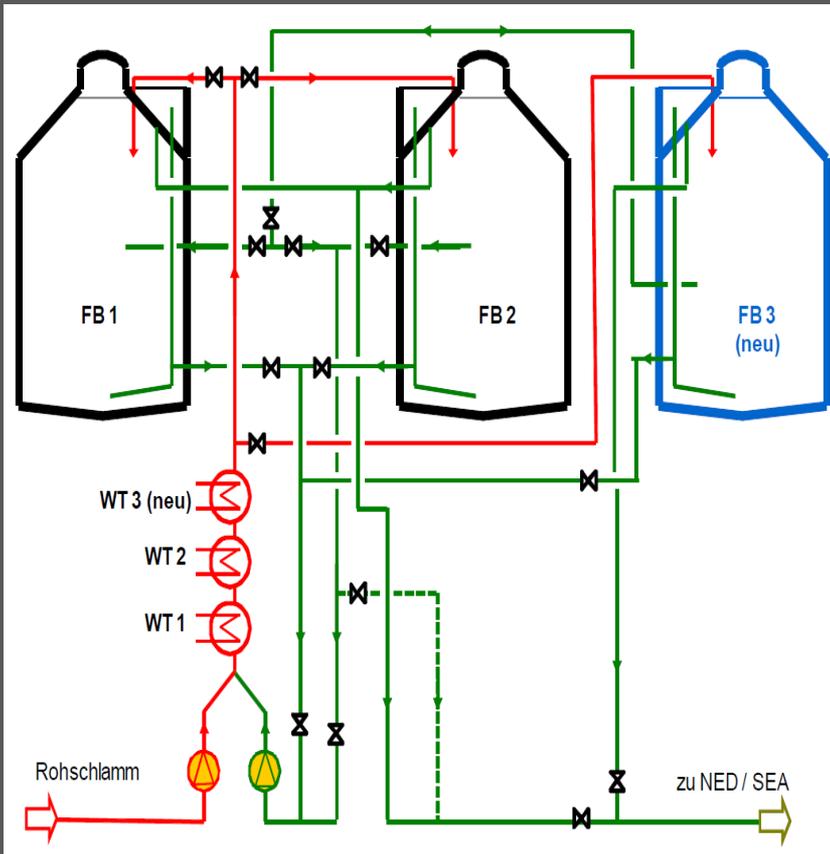


Gesamtkosten:

2,1 Mio. €

davon 0,6 Mio. € Fördermittel

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Faulbehälter Nachberechnung :				2 FB	3 FB
Gewählte Faulzeit Auslegung	$t_{FB,Dimens.}$	d	:	19,3	29,0
Faulzeit im Mittel (Bilanz)	$t_{FB,Mittel}$	d	:	23,2	34,8
Raumbelastung Auslegung	$B_{oTR,Dim}$	kg/(m ³ -d)	:	2,10	1,40
Raumbelastung im Mittel (Bilanz)	$B_{oTR,M}$	kg/(m ³ -d)	:	1,75	1,16
Faulbehältervolumen gewählt	V_{FB}	m ³	:	4000	6000
Abbaugrad und Gasanfall im Mittel :				2 FB	3 FB
Org.Abbaugrad Primärschlamm	$\eta_{oTS,PS}$	%	:	50%	55%
Org.Abbaugrad ÜS-Schlamm	$\eta_{oTS,ÜS}$	%	:	25%	30%
Gesamtabbaugrad oTS (Mittel)	$\eta_{oTS,ges}$	%	:	38%	43%
Gesamtabbaugrad TS (Mittel)	$\eta_{TS,ges}$	%	:	27%	30%
Mittlerer Gasanfall	g_{oTSab}	lW/kg _{abgeb.}	:	890	900
	g_{oTSzu}	lW/kg _{zu}	:	339	388
Gasanfall	G _d	m ³ /d	:	2845	3254
Methangehalt des Gases	a_{CH_4}	Vol-%	:	55%	60%
Heizwert des Gases	$H_{U,Gas}$	kWh/m ³	:	5,50	6,00
Primärenergie aus Gas	E_o	kWh/d	:	15648	19526
		kW	:	652	814

Konzeption Erweiterung der Faulbehälter

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Beginn Bau Faulbehälter III

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Bau Faulbehälter III, linkes Bild Verbauarbeiten, rechtes Bild Rohbauarbeiten

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Bau Faulbehälter III, Rohbauarbeiten

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Blick in den neuen Rohrkeller in Richtung BHKW III

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Hochwasser Ende Mai/ Anfang Juni
2013

- starker Anstieg des Grundwasserspiegels und Flutung des Baubereichs
- Bauzeitverschiebung um min. 2 Wochen

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



ZKA Jena während des Hochwassers im Mai/ Juni 2013

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Fertiggestellter Faulbehälter III

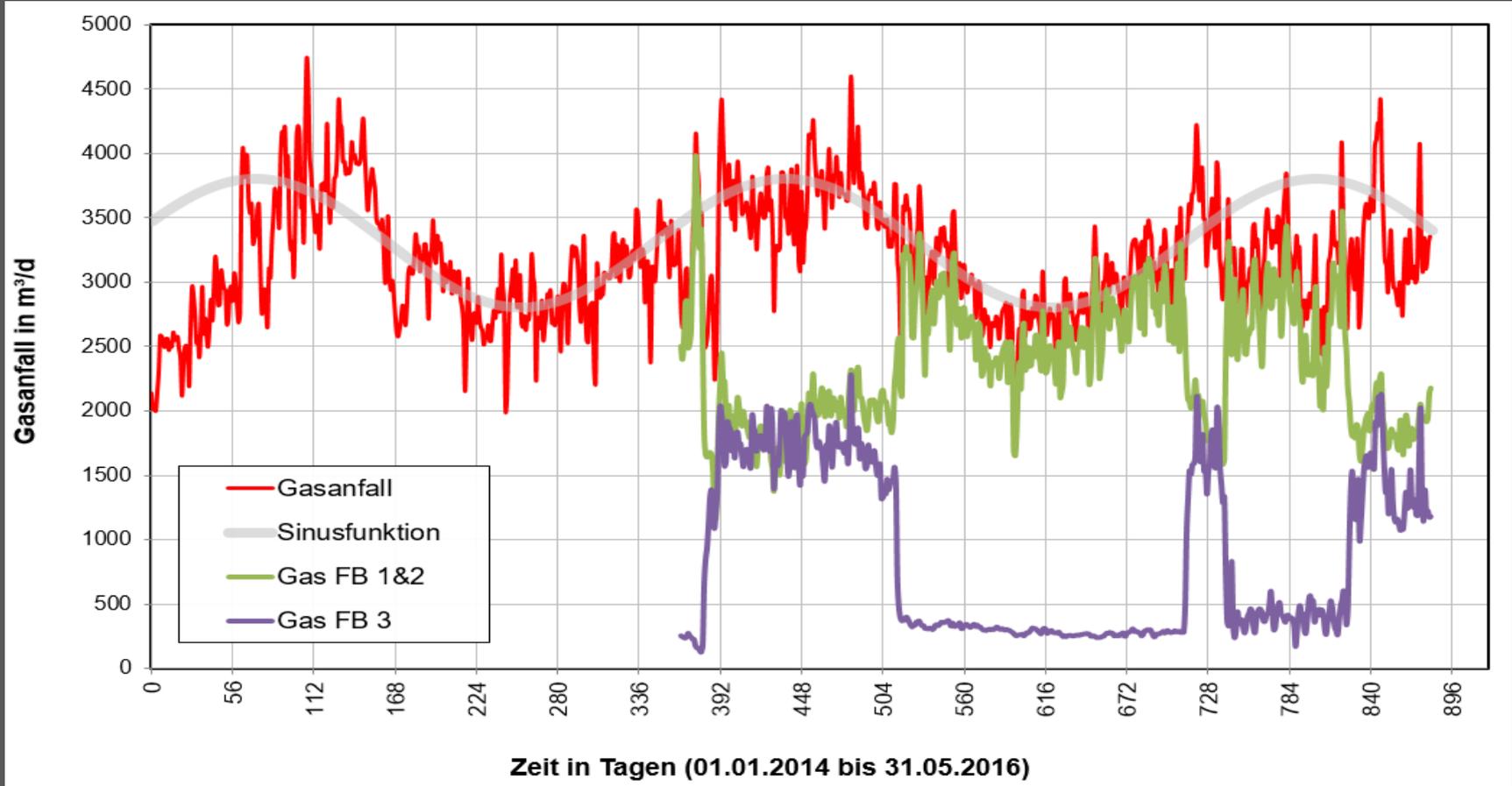
3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Bilanz:

- Inbetriebnahme FB III im Dezember 2013
- Steigerung der Gasproduktion um bis zu 17 %
- Steigerung Eigenstromerzeugung auf ca.85 % (Vergleich 2012: 78 %)
- Wärmeerzeugung: 100 %

		Auswertung	Auswertung	Auswertung	Auswertung	Δ %	
		2007-2011	2012	2014**	2015-2016	Vergleich zu 2007-2011	Vergleich zu 2012
		vor 3. Faulbehälter	vor 3. Faulbehälter	nach Inbetriebnahme 3. Faulbehälter	nach Inbetriebnahme 3. Faulbehälter		
Mittlerer Gasanfall	m ³ /d :	2720	2730	3280	3300	21%	17%
CSB-Rohzulauf (Mittelwert)	kg/d :	20.500	19.200	18.900	18.600	-9%	-3%
Einwohnerwerte (DWA-A 126)	E :	170.833	160.000	157.500	155.000	-9%	-100%
Gasanfall je Einwohner (120 g_{CSB}/E)	l/(E·d) :	15,9	17,1	20,8	21,3	34%	25%
Gas / CSB Roh	m ³ /kg :	0,133	0,142	0,174	0,177	34%	25%
CSB Gas / CSB Roh*	kg/kg :	0,227	0,244	0,298	0,304	34%	25%
*) Anfang 2014 noch Einfahrphase des 3. Faulbehälters							
**) geschätzt mit CH ₄ -Gehalt 60% und 2,86 kg CSB / m ³ CH ₄							

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Gasfall der Faulbehälter von 01.01.2014 bis 31.05.2016

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Bau des Grundlast – BHKW :

- Gas-Otto-Motor 400 kW_{el}, η_{el} ca. 41%
- Turbolader, Gemischkühlung mit getrenntem Kühlkreislauf
- Gasverbrauch bei Voll-Last ca. 150 m³_N/h (3.600 m³_N/d)
 - Vergleich: bestehende benötigen 175 m³_N/h um 400 kW (4.200 m³_N/h) zu erreichen
- „alt“ Module für Spitzenlast und Wartung des GL-BHKW beibehalten
- Zusätzlich Klärgasaufbereitung notwendig (Herabsetzung Feuchtigkeit im Klärgas, Entschwefelung über Aktivkohlefilter)
- Vergrößerung Notkühlungssystem

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



„neues“ BHKW III (eingebaut in Schalldämmkammer)

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Vergrößertes Notkühlsystem

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Klärgasaufbereitung (Verdichterstation)

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Klärgasaufbereitung- Verdichterstation, links daneben Aktivkohlebehälter

3. BMUB Förderprojekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

**Neues GL-BHKW mit 400 kWel
Leistung ist günstiger als der
kontinuierliche weiterbetrieb des
Bestandes**

Gründe dafür sind :

- durch hohe Betriebsstundenanzahl des GL-BHKW günstige Abschreibung pro kWh
- Wartungskosten geringer als bei Bestands BHKW
- geringerer Fremdstrombezug

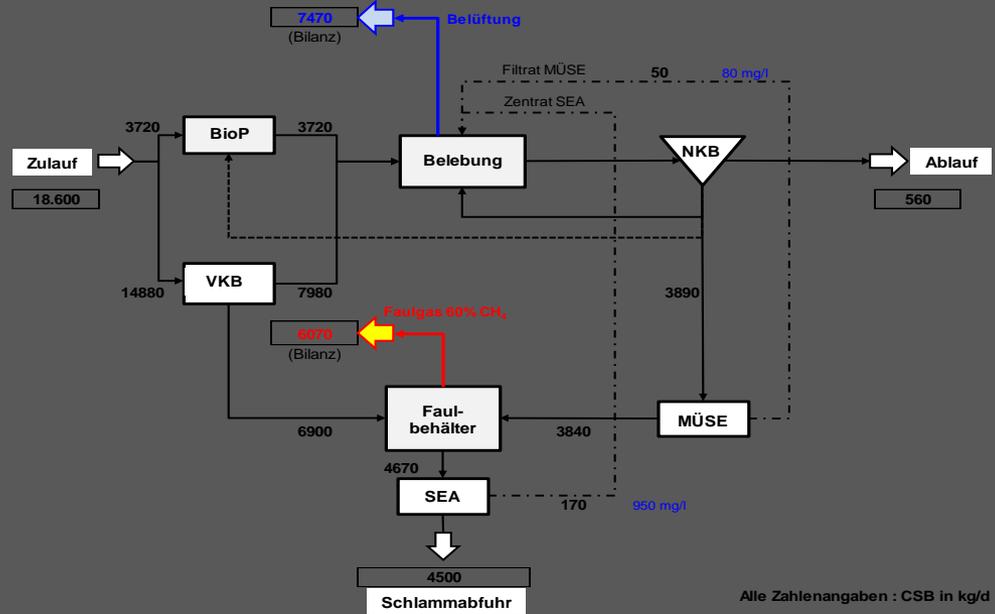


4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Zur Erfolgskontrolle des Projektes wurde ein 1-jähriges Messprogramm durchgeführt

Inhalt Messprogramm:

- CSB- Bilanz
- Energiebilanz
- Wärmebilanz
- wöchentliche bzw. tägliche Untersuchungen im ÜS, PS, FS, Z, SE, G



Alle Zahlenangaben : CSB in kg/d

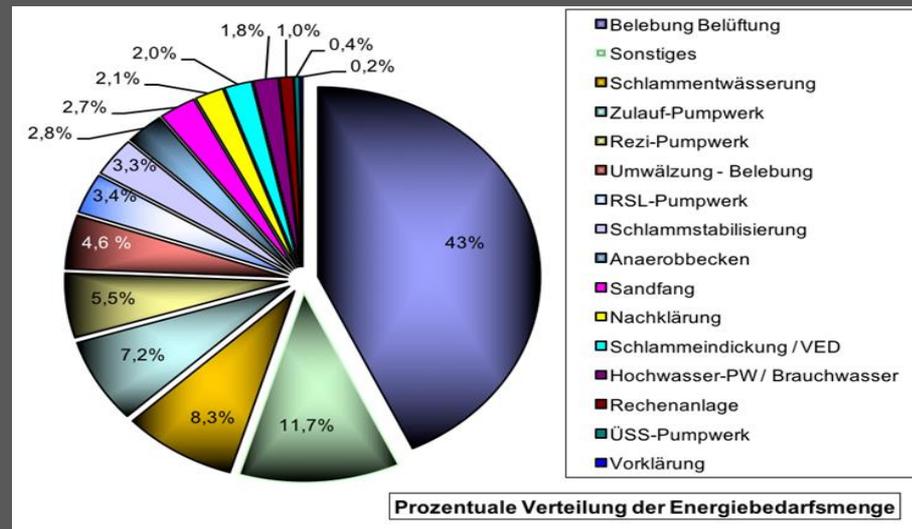
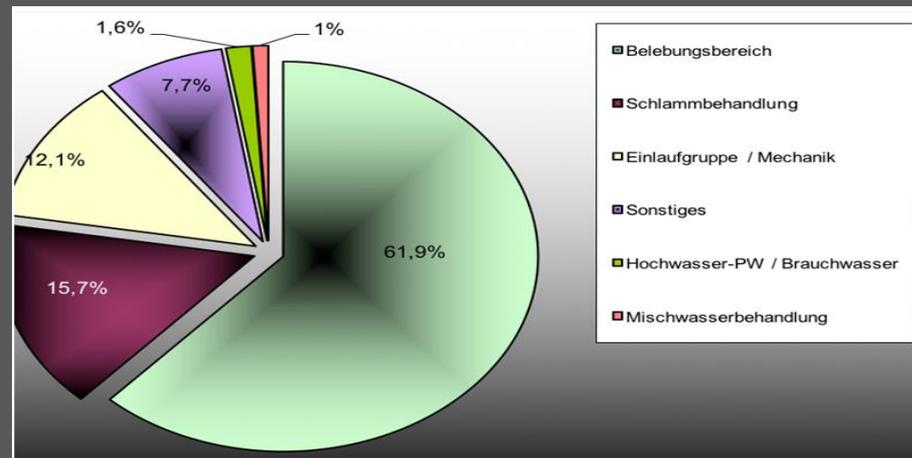
	CSB					
	Zulauf	Zulauf BioP	Zulauf VKB	Ablauf VKB	Zul. Bio	Ablauf NKB
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Anzahl	876	873	873	871	870	875
Mittelwert	19.143	3.293	15.856	6.525	9.829	524
Percentil 50%	18.638	3.164	15.369	6.296	9.600	499
Percentil 85%	22.789	4.242	19.144	7.869	11.407	639

CSB- Bilanz ZKA Jena

4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

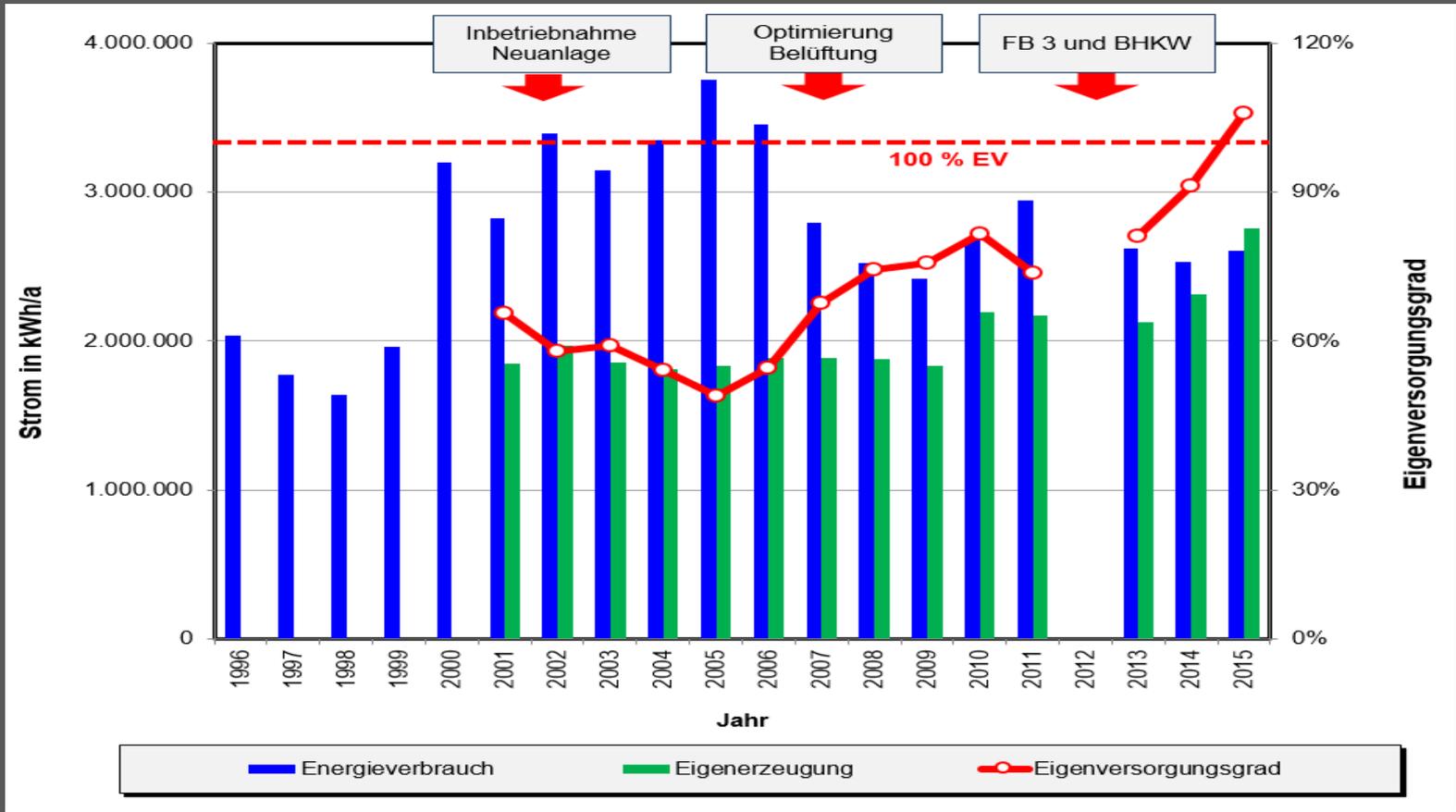
Messparameter und Energieanalyse

Matrix		PS	ÜS	FS12	FS3	G12	G3	(T)WNE	Z	SE
Messparameter und Messstellen										
Volumenstrom	m ³ /d	x	x	x	x			x	x	x
Volumenstrom Gas	m ³ ·h/d					x	x			
Temperatur	°C	x	x	x	x					
TR	g/l	x	x	x	x					x
oTR bzw. GV	%	x	x	x	x					x
CSB homogenisiert	g/l	x	x	x	x			x	x	
CSB filtriert	mg/l	x	x	x	x			x	x	
TKN homogenisiert	mg/l	x	x	x	x			x	x	
TKN filtriert	mg/l	x	x	x	x			x	x	
NH ₄ -N	mg/l			x	x			x	x	
Abf. Stoffe	mg/l							x	x	
organ. Säuren als HAC	mg/l	x	x	x	x					
organ. Säuren Fraktionen	mg/l	x	x	x	x					
Schwermetalle AbfKlärV	mg/kg _T									x
CH ₄ Faulgas	Vol.-%					x	x			
CO ₂ Faulgas	Vol.-%					x	x			
H ₂ S Faulgas	Vol.-%					x	x			
N ₂ Faulgas	Vol.-%					x	x			
Siloxane Faulgas	Vol.-%					x	x			



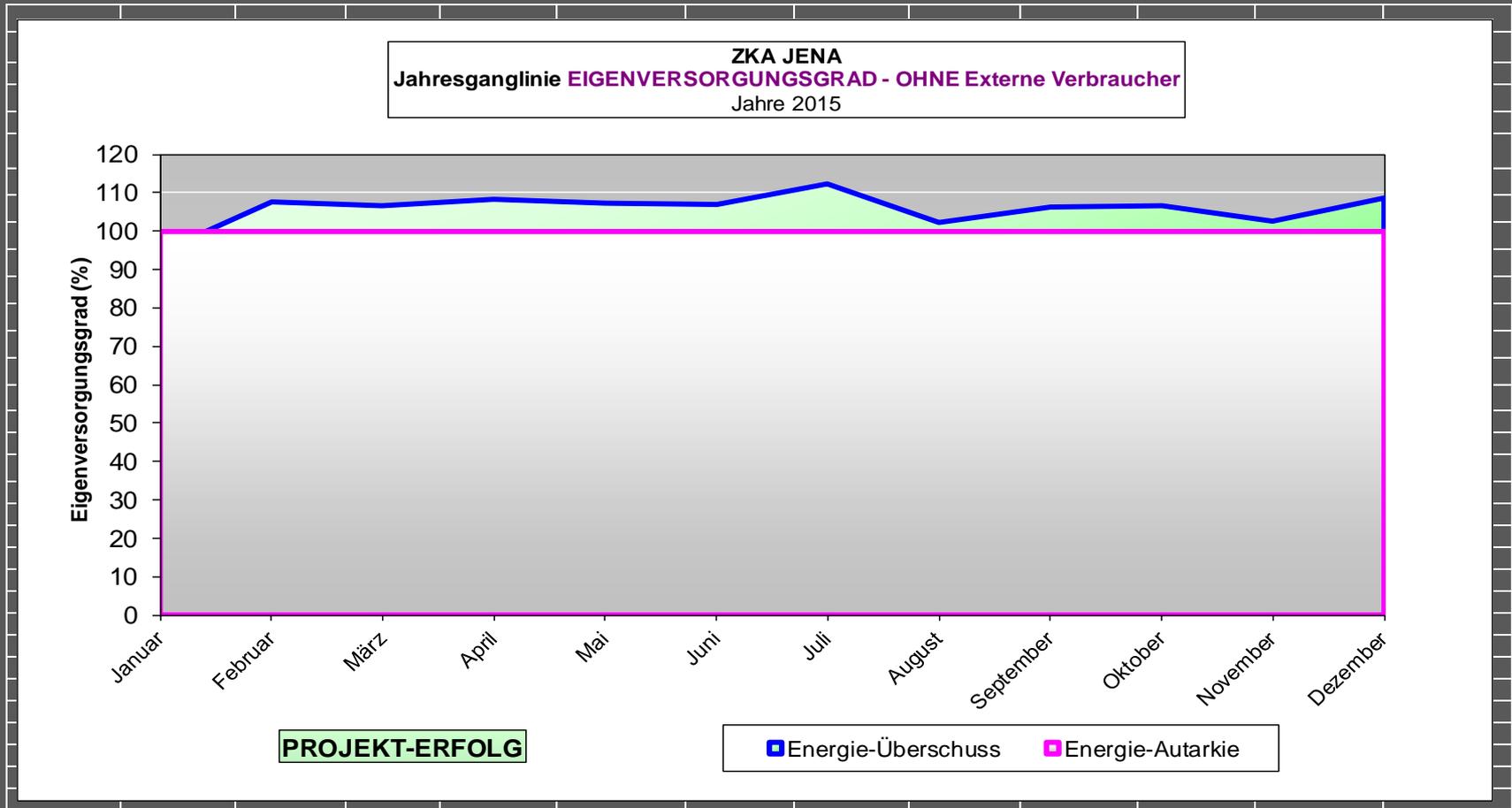
Prozentuale Verteilung der Energiebedarfsmenge

4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



Entwicklung Energieverbrauch, Energieerzeugung und Eigenversorgungsgrad

4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“



4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

BHKW Betrieb :

Mittlere Gaserzeugung	107% :	3.462 m ³ /d	342 kW _{el}	ca. 50%-Wert
Mittlere Stromverbrauch	100% :	7.635 kWh/d =	318 kW	
Mittlere Stromproduktion	99% :	7.583 kWh/d =	316 kW	

				BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 1-3	Fackel
Gasverbrauch	Summe	m ³	:	17.253	5.400	170.467	193.839	7.538
	Mittel	m ³ /h	:	67,4	68,4	118,3	133,3	120,0
	Anteil	%	:	8,6%	2,7%	84,7%	96,3%	3,7%
Betriebsstunden	Summe	Bh	:	255,8	78,9	1.441,5	-	62,8
	bez.auf Zeitraum		:	17,5%	5,4%	98,5%	-	3,6%
Stromerzeugung (Anteile errechnet)	Summe	kWh	:	38.301	11.987	409.120	459.408	-
	Mittel	kW	:	28,1	8,8	300,1	316	-
	Mittel Betrieb	kW	:	149,7	151,9	283,8	-	-
	Anteil	%	:	8,3%	2,6%	89,1%	100,0%	-
Elektr. Wirkungsgrad		%		37%	37%	40%	39,5%	-

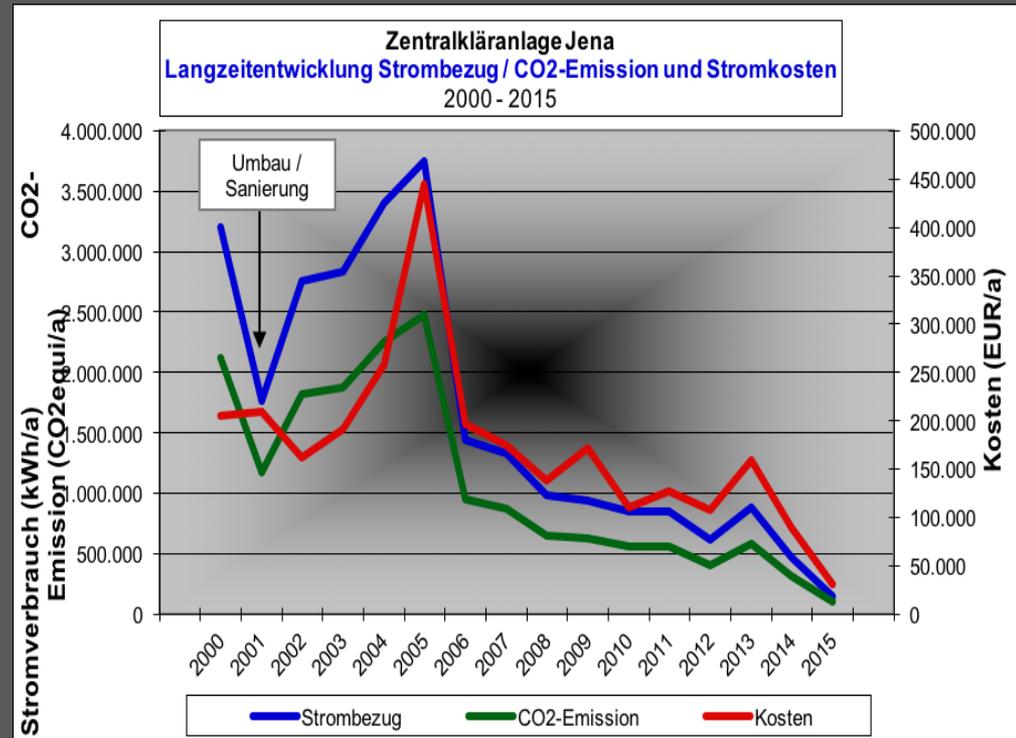
Stromerzeugung & Leistungsdaten BHKW Zeitraum Nov.-Dez. 2015

4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

- Seit der Planung der ersten Zentralkläranlage Jena im Jahr 1971 wurde dem Thema Energieeffizienz und Eigenversorgung mit Strom und Wärme große Bedeutung beigemessen. In der damaligen DDR scheiterten die für die damalige Zeit sehr modernen Ideen an der Mangelwirtschaft.
- 30 Jahre später entstand 1998 - 2001 im Zuge der grundsätzlichen Rekonstruktion und Erweiterung der ZKA die derzeitige geschlossene Faulung am schon 1971 geplanten Standort.
- Trotz ständiger Verbesserung der Reinigungsleistung und starkem Anstieg der Belastung nach 1998 wurde der Strombezug kontinuierlich durch Energieeinsparmaßnahmen und Erhöhung der Eigenerzeugung reduziert.

4. Zusammenfassung Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

- Mit der vom BMUB geförderten Maßnahme „Energieautarke Kläranlage Jena“ wird ein mittlerer Eigenversorgungsgrad von 100% ohne Einsatz von Co-Fermenten erreicht.
- Das Vorhaben hat Modellcharakter, da es sich bei den Investitionen um Lösungen nach dem Stand der Technik handelt und keine speziellen technischen Lösungen entwickelt und eingesetzt wurden.



5. Ausblick

- Energie- Lastmanagement aufbauen
- 2. Gasspeicher?!
- Plausibilität der Messdaten

Problem:

- Speichermöglichkeiten für Gas und/ oder elektr. Energie



Möglicher 2. Gasspeicher?



ABWASSER-Verfahrenstechnik

Dr.-Ing. Eberhard STEINLE, Dr.-Ing. Verena REHBEIN, Werner WÄSCHINA; Rene STUBERBAUCH

Leistungssteigerung der Zentralkläranlage Jena

Optimierung der Leistungsfähigkeit durch Erneuerung und Saniierung der Belüftung.

Dies bewirkt, dass trotz höherer Belastung als in der Bemessung vorgegeben eine bestmögliche Erzeugung von sauberen Klärschlamm, Zudosen, Filtern etc. zu einer signifikanten Einsparung an Energie, ohne dass hinsichtlich der Klärschlammverwertung der Anlage Kompromisse eingegangen werden mussten. In diesem Beitrag werden Maßnahmen sowie die tatsächlichen Erfahrungen beschrieben und die positiven Ergebnisse im mehrjährigen Betrieb der Anlage gezeigt.

Bioklärung bald ohne Fremdenergie

In der Zentralen Kläranlage von Jena-Wasser in Zwätzen wird ein dritter Faulbehälter gebaut. Fertigstellung ist Frühjahr 2014. Dann kann die Klärung der Abwässer ganz durch Biostrom erfolgen.

Von Michael Grot

Jena. Nein, mit dem Hochwasser hat die große Baustellenszene nichts zu tun, die derzeit auf dem Gelände der Zentralen Kläranlage von Jena in der Buchenallee im Gange ist. Der große Kessel ist dort in Aktion, hat den Auslass eines neuen Faulbehälters einmündend und dessen Art. Der neue Behälter ist wie die beiden vorhergehenden 20 Meter hoch und hat einen Durchmesser von 18 Metern.

Der neugebaute Behälter hat einen Durchmesser von 18 Metern. Die neugebaute Behälter sind notwendig für die Aufbereitung des Klärschlammes, die in der Stadt Jena anfallende Klärschlamm-Erzeugung und von den Industriebetrieben. Das ist die zentrale Kläranlage, die seit 1981 den Jenaer Abwasser zu reinigen und zu entsorgen. Die Kläranlage ist zu 100% bis 1981 ein biogasproduzierendes Kläranlage, so dass die Abwässer einen natürlichen Prozess durchlaufen, mit Hilfe von Bakterien aufbereitet und

den Biostrom als Energiequelle für die Biogasproduktion. Der natürliche Prozess der Kläranlage ist ein biogasproduzierendes Kläranlage, so dass die Abwässer einen natürlichen Prozess durchlaufen, mit Hilfe von Bakterien aufbereitet und

4. Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“

Das vorerst letzte Kapitel der erfolgreichen Entwicklung wurde 2013-2015 mit dem vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt „Energieautarke Kläranlage Jena“ umgesetzt.

Nach entsprechenden Variantenuntersuchungen zur Erreichung des Zieles einer energieautarken Anlage wurde die Erweiterung der Energieerzeugung durch den Bau eines 3. Faulbehälters und ein neues Grundlast-BHKW geplant und erfolgreich umgesetzt.

Seit der Entstehung der Kläranlage 1976 bis 1981 bis zum heutigen Tag wurde der Energieverbrauch der Anlage kontinuierlich gesenkt und die Anlage kann sich bis auf die Energieerzeugung im Jahr 2013-2015 entwickeln. In Juchowitz und Grotzsch, wo die 1. Reinigungsstufe, kündigen sich bereits perspektivisch an.

Werner Wäschina, Jena

Jahr	Energieverbrauch (MWh)	Eigenenergieerzeugung (MWh)	Eigenenergieerzeugungsgrad
1986	2500	0	0.0
1996	2000	0	0.0
2002	1500	0	0.0
2004	1000	0	0.0
2006	1000	0	0.0
2008	1000	0	0.0
2010	1000	0	0.0
2012	1000	1000	0.5
2014	1000	1500	0.6

Entwicklung Energieverbrauch und Eigenenergieerzeugung Grad ZSK Jena

DWA Landesverband Sa./Th. Rundbrief Nr. 48/Mai 2016

Die hochmoderne Anlage wurde bereits von



Danke!