

# **BMUB - UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM**

## **Abschlussbericht**

### **Förderschwerpunkt „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ (EAA)**

#### **Punkt 2.2.5**

**Realisierung innovativer Konzepte bei kleinen und mittelgroßen  
Abwasserbehandlungsanlagen**

**am Beispiel der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf**

**KfW-Aktenzeichen NKa3 - 001906**



**Burgenstadt Schlitz  
-Eigenbetrieb Stadtwerke Schlitz-  
An der Kirche 4, 36110 Schlitz**

**Umweltbereich**

**Abwasserentsorgung**

**Laufzeit des Projekts 2011-2016**

**Dipl. Ing. Frank Jahn, Stadtwerke Schlitz**

**Prof. Dr.-Ing. Ulf Theilen, Technische Hochschule Mittelhessen**

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit**

**31.08.2018**

## Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA:	Projekt-Nr.: kfw-code NKa3 - 001906
Titel des Vorhabens: Energieeffiziente Abwasserbehandlungsanlagen Realisierung innovativer Konzepte bei kleinen und mittelgroßen Abwasserbehandlungsanlagen am Beispiel der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf	
Autor/-en: Dipl. Ing. Frank Jahn, Stadtwerke Schlitz Prof. Dr.-Ing. Ulf Theilen, Technische Hochschule Mittelhessen	Vorhabenbeginn: 2011
	Vorhabenende: 2016
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Stadt Schlitz Eigenbetrieb Stadtwerke Schlitz An der Kirche 4, 36110 Schlitz	Veröffentlichungsdatum: 21.12.2017
	Seitenzahl: 214 (inkl. Deckblatt und Anhängen)
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Natur- schutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung: Im Rahmen des Förderschwerpunkts „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ wurden am Beispiel der Kläranlage Schlitz, einer kleinen Kläranlage mit weniger als 10.000 EW Anschlussgröße, verschiedene Maßnahmen umgesetzt, um insbesondere den Bezug externer Energiequellen (Strom und Wärme) weitgehend zu reduzieren. Dazu gehört die Realisierung eines regionalen Klärschlammverwertungskonzeptes unter Einbeziehung der Schlämme benachbarter Kläranla- gen sowie der Co-Vergärung externer Substrate aus Industrie- und Gewerbebetrieben, der Bau einer Vorklärung, der Bau einer Faulung zur Klärschlamm(mit)- und Co-Substratbehandlung so- wie der Bau einer Klärgasnutzung (BHKW).  Die zusätzlich verarbeiteten Klärschlämme und Co-Substrate führten zu einer deutlichen Erhö- hung der Nährstoff-Rückbelastung (Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen) aus der Klär- schlammmentwässerung. Weiterhin waren zusätzliche elektrische Antriebe erforderlich, so dass insgesamt eine Reduzierung des Gesamt-Stromverbrauchs nicht realisiert werden konnte.  Der Erfolg der Maßnahme ergibt sich im Wesentlichen durch die deutliche Reduzierung des Fremdstrombezugs von ca. 365.000 kWh/a (entspr. ca. 34 kWh/(E*a)) auf ca. 86.000 kWh/a (entspr. ca. 12 kWh/(E*a)) sowie der sich daraus ergebenden CO <sub>2</sub> -Emission von ca. 208 t CO <sub>2</sub> /a auf ca. 45,5 t CO <sub>2</sub> /a.	
Schlagwörter: Kleine Kläranlage, regionales Klärschlammkonzept, Co-Substrat, Co-Vergärung, Energieeffizi- enz	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 10 Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: <a href="http://www.stadtwerke-schlitz.de">www.stadtwerke-schlitz.de</a> , <a href="http://www.thm.de/zeus">www.thm.de/zeus</a>

## Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency:	Project-No.: kfw-code NKa3 - 001906
<p>Report Title:</p> <p>Energy-efficient wastewater treatment plants</p> <p>Realization of innovative concepts for small and medium-sized wastewater treatment plants based on the example of the wastewater treatment plant Schlitz-Hutzdorf</p>	
<p>Author/Authors:</p> <p>Dipl. Ing. Frank Jahn, Stadtwerke Schlitz – municipal utility</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Ulf Theilen, Technische Hochschule Mittelhessen – University of Applied Sciences Giessen</p>	<p>Start of project:</p> <p>2011</p> <hr/> <p>End of project:</p> <p>2016</p>
<p>Performing Organisation:</p> <p>Stadt Schlitz</p> <p>Eigenbetrieb Stadtwerke Schlitz</p> <p>An der Kirche 4,</p> <p>36110 Schlitz</p>	<p>Publication Date:</p> <p>21.09.2017</p> <hr/> <p>No. of Pages:</p> <p>214</p> <p>(incl. coversheet and annex)</p>
<p>Funded by the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.</p>	
<p>Summary:</p> <p>Within the framework of the priority program "Energy Efficient Wastewater Treatment Plants", various measures were implemented on the wastewater treatment plant (WWTP) Schlitz, a small plant with less than 10,000 PE, in order to reduce the consumption of external energy sources (electricity and heat). This includes the realization of a regional sewage sludge utilization concept including treatment of sludge of neighboring WWTPs, the construction of a primary settling tank, the construction of a digestion plant for sewage sludge and co-substrate from industry sources as well as the construction of a CHP. At the same time, the power consumption of the system should be reduced by reduction of the load esp. of organic compounds.</p> <p>The additionally treated sewage sludge from external wastewater treatment plants and co-substrates led to a significant increase in nutrient chargeback (nitrogen and phosphorus compounds) from the sludge dewatering system. Furthermore, additional electrical components (like primary settling tank, thickener, digester) were required, so that a total reduction of the total power consumption could not be realized.</p> <p>The success of the project is essentially due to the significant reduction in the purchase of external electricity from approx. 365,000 kWh/a (corresponding to approx. 34 kWh/(PT*a)) to approx. 86,000 kWh/a (corresponding to approx. 12 kWh/(PT*a)) and the resulting CO<sub>2</sub> emissions from approx. 208 t CO<sub>2</sub>/a to approx. 45.5 t CO<sub>2</sub>/a.</p>	
<p>Keywords:</p> <p>Small wastewater treatment plant, regional sewage sludge treatment concept, energy efficiency, co-substrate, co-digestion</p>	

## Inhaltsverzeichnis

<b>Berichts-Kennblatt</b>	<b>II</b>
<b>Report Coversheet</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>X</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens „Stadtwerke Schlitz“	1
1.2 Ausgangssituation im Unternehmen	1
<b>2 Vorhabenumsetzung</b>	<b>3</b>
2.1 Ziel des Vorhabens	3
2.2 Darstellung der technischen und baulichen Umsetzung des Vorhabens	4
2.2.1 Verfahrenstechnik vor Durchführung der Maßnahmen	4
2.2.2 Auslegungs- und Leistungsdaten vor Umbau	6
2.2.3 Energiecheck vor Umbau	6
2.2.4 Auslegungs- und Leistungsdaten nach Umbau	8
2.2.5 Verfahrenstechnik nach Durchführung der Maßnahmen	10
2.2.6 Darstellung der baulichen und technischen Umsetzung des Vorhabens	14
2.3 Klärschlammverwertung im Verbund sowie der Verwertung von Co-Substraten u.a. von Korn- und Obstschlempen der Schlitzer Destillerie GmbH	20
2.3.1 Grundsätzliche Erläuterungen	20
2.3.2 Verträge Klärschlammverwertungsverbund	22
2.3.3 Akquisition weiterer Co-Substrate	23
2.4 Behördliche Anforderungen	24
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten auf der Kläranlage Schlitz	25
2.5.1 Online-Betriebsdatenerfassung	25
2.5.2 Analysendaten	26
2.6 Messprogramm	28
2.7 Strommessungen	31
<b>3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerrichtung</b>	<b>33</b>
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung	33

---

3.2	Optimierung der Energieversorgung durch Klärschlammverbund und Co-Substratannahme	33
3.2.1	Annahme und Verwertung von Klärschlämmen externer Kläranlagen	33
3.2.2	Annahme von Co-Substraten	36
3.2.3	Input Faulbehälter, Zusammenstellung und Nachweis des Faulbehälters	38
3.3	Datenauswertung, Ergebnisse des Messprogramm	41
3.3.1	Zulaufmengen	42
3.3.2	Hauptmessprogramm Zulauf und Ablauf Kläranlage	44
3.3.3	Messprogramm Tagesganglinien	47
3.3.4	Messprogramm Vorklärung	52
3.3.5	Messprogramm Schlammwasser	55
3.3.6	Ermittlung der tatsächlichen Belastung der Kläranlage in EW und der aktuellen Zahl der angeschlossenen Einwohner	56
3.3.7	Entwicklung der EW-Werte in den Jahren 2013 bis 2016	57
3.3.8	Entwicklung der Ablaufwerte in den Jahren 2013 bis 2016	59
3.4	Energiecheck	60
3.5	Energieanalyse	67
3.5.1	Bestandsaufnahme des Ist-Zustands	67
3.5.2	Aggregateliste	68
3.5.3	Leistungsmessung	72
3.5.4	Auswertung der Betriebsdaten inkl. Plausibilitätsprüfung	72
3.5.5	Klärgasbilanz	73
3.5.6	Faulgasnutzung	80
3.5.7	Energiebilanz Strom	81
3.5.8	Wärmebedarf	84
3.5.9	Überprüfung der bestehenden Anlage	88
3.5.10	Berechnung der Anlagenkennwerte bei mittlerer Belastung	90
3.5.11	Berechnung der anlagenbezogenen Idealwerte	91
3.5.12	Gegenüberstellung Ist-Verbrauchswerte / anlagenbezogene Idealwerte	93
3.5.13	Schlussfolgerungen und Identifizierung von Maßnahmen, Ermittlung des energetischen Einsparpotentials	96
3.6	Umweltbilanz	102
3.7	Wirtschaftlichkeitsvergleich	103
3.8	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	105
<b>4</b>	<b>Übertragbarkeit</b>	<b>106</b>

---

4.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung	106
4.2	Modellcharakter / Übertragbarkeit	106
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung / Summary</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>113</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>114</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Verfahrensschema Zustand vor Umbau (verändert nach Gujer, 1999)	5
Abb. 2-2:	Luftbild Kläranlage Schlitz vor Umbau	5
Abb. 2-3:	Spezifischer Gesamtstromverbrauch $e_{ges}$ der Kläranlage Schlitz vor Umbau im Vergleich zur Häufigkeitsverteilung gem. DWA-A 216	7
Abb. 2-4:	Spezifischer Stromverbrauch für die Belüftung $e_{Bel}$ der Kläranlage Schlitz vor Umbau im Vergleich zur Häufigkeitsverteilung gem. DWA-A 216	8
Abb. 2-5:	Verfahrensschema Zustand nach Umbau (verändert nach Gujer, 1999)	11
Abb. 2-6:	Prinzipschema der Wärmeversorgung nach Umbau	13
Abb. 2-7:	Prinzipschema der optimierten Klärschlamm-trocknungsanlage (nach Homepage Thermo-System GmbH)	13
Abb. 2-8:	Lageplan nach Umbau	15
Abb. 2-9:	Annahme- und Lagerbehälter für externe Klärschlämme (links)	15
Abb. 2-10:	Maschinelle Überschussschlamm-eindickung (Huber ROTAMAT® Scheibeneindicker RoS 2S)	16
Abb. 2-11:	Faulbehälter mit Betriebsgebäude Schlammbehandlung und Faulgasverwertung	16
Abb. 2-12:	Heizungsverteilung, BHKW und Notfackel	17
Abb. 2-13:	Wärmetauscher zur Einbringung von Abwärme aus dem BHKW zur Optimierung der solaren Klärschlamm-trocknung	17
Abb. 2-14:	Datenblatt BHKW, Fa. Kuntschar u. Schlüter GmbH, Typ GTK 50K, Teil 1	18
Abb. 2-15:	Datenblatt BHKW, Fa. Kuntschar u. Schlüter GmbH, Typ GTK 50K, Teil 2	19
Abb. 2-16:	Klärschlammverwertung im Verbund mit den Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun, Entfernungen	21
Abb. 2-17:	Klärschlammverwertung im Verbund mit den Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun sowie Annahme von Schlemphen der Schlitzer Destillerie	21
Abb. 3-1:	Betrieb Scheibeneindicker, Dünnschlamm- und Dickschlamm-mengen	36
Abb. 3-2:	In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete Co-Substrate - Schlemphen der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH - Fettflotate, - Teigreste, (jeweils Monatssummen 2016)	36
Abb. 3-3:	In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete organische Trockensubstanz (jeweils Monatssummen 2016)	38
Abb. 3-4:	In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete organische Trockensubstanz (Jahresverlauf 2016)	38
Abb. 3-5:	Zulaufwassermengen $Q_d$ sowie Trockenwetterzufluss als gleitendes 20-Tage-minimum, Betriebstagebuch (2016)	43
Abb. 3-6:	Trockenwetterzufluss $Q_T$ sowie Trockenwetterzufluss als gleitendes 20-Tage-minimum, Betriebstagebuch (2016)	43

Abb. 3-7:	CSB- und BSB <sub>5</sub> -Zulaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	44
Abb. 3-8:	TN <sub>b</sub> -, N <sub>ges</sub> - und NH <sub>4</sub> -N-Zulaufkonzentrationen, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	44
Abb. 3-9:	P <sub>ges</sub> - und PO <sub>4</sub> -P-Zulaufkonzentrationen, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	45
Abb. 3-10:	CSB- und BSB <sub>5</sub> -Zulauffrachten, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	45
Abb. 3-11:	TN <sub>b</sub> - und P <sub>ges</sub> -Zulauffrachten, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	45
Abb. 3-12:	CSB- und BSB <sub>5</sub> -Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	46
Abb. 3-13:	N <sub>ges</sub> - und NH <sub>4</sub> -N-Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	46
Abb. 3-14:	P <sub>ges</sub> - und ortho-P-Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	46
Abb. 3-15:	Temperaturen Ablauf, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016), Jahresmittelwert 15 °C	47
Abb. 3-16:	pH-Werte Zu- und Ablauf, 2-Wochen-Mittel, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)	47
Abb. 3-17:	Tagesganglinien Zulaufwassermengen an 4 Messtagen	48
Abb. 3-18:	Tagesganglinien der Zulaufkonzentrationen der Parameter CSB, N <sub>ges</sub> -, P <sub>ges</sub> - und Abf. Stoffe an 4 Messtagen	49
Abb. 3-19:	Tagesganglinien der Zulauffrachten der Parameter CSB, N <sub>ges</sub> -, P <sub>ges</sub> - und Abf. Stoffe an 4 Messtagen	49
Abb. 3-20:	Tagesganglinien der Ablaufkonzentrationen der Parameter CSB, N <sub>ges</sub> -, P <sub>ges</sub> - und Abf. Stoffe an 4 Messtagen	50
Abb. 3-21:	Tagesganglinien der NO <sub>3</sub> -N-Ablaufkonzentrationen an 4 Messtagen	52
Abb. 3-22:	Tagesganglinien der Ablaufkonzentrationen Abfiltrierbare Stoffe an 4 Messtagen	52
Abb. 3-23:	Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als EW <sub>CSB</sub>	57
Abb. 3-24:	Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als EW <sub>N</sub>	58
Abb. 3-25:	Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als EW <sub>P</sub>	58
Abb. 3-26:	Ablaufwerte BSB <sub>5</sub> , CSB, NH <sub>4</sub> -N, N <sub>ges</sub> und P <sub>ges</sub> der Jahre 2013 bis 2016, Mittelwerte	59
Abb. 3-27:	Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamt-Energieverbrauch 2016	62
Abb. 3-28:	Energiecheck nach Umbau, spezifischer Stromverbrauch e <sub>ges</sub> ohne Berücksichtigung der solaren Klärschlamm-trocknung auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216	64
Abb. 3-29:	Energiecheck nach Umbau, spezifischer Stromverbrauch der Belüftung e <sub>Bel</sub> auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216	65

Abb. 3-30:	Energiecheck nach Umbau, spez. Faulgasproduktion in Bezug auf die der Faulung zugeführte organische Trockenmasse $Y_{FG}$ auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216	65
Abb. 3-31:	Energiecheck nach Umbau, Grad der Faulgasumwandlung $N_{FG}$ auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216	66
Abb. 3-32:	Energiecheck nach Umbau, Eigenversorgungsgrad $EV_{el}$ ohne Berücksichtigung der solare Trocknung auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216	66
Abb. 3-33:	Verlauf des Eigenversorgungsgrads $EV_{el}$ mit und ohne Berücksichtigung der solare Trocknung	67
Abb. 3-34:	Gegenüberstellung des theoretischen Faulgaspotentials errechnet auf der Basis der oTR-Frachten und der GB21-Gaserträge und des tatsächlich gemessenen Faulgasanfalls	79
Abb. 3-35:	elektrischer Wirkungsgrad des BHKW, berechnet aus monatlicher Stromproduktion und Primärenergieangebot	81
Abb. 3-36:	Stromverbrauch der gesamten Kläranlage Schlitz (Monatssummen) in den Jahren 2014 bis 2016	82
Abb. 3-37:	Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz (Monatssummen), Gesamt-Stromverbrauch, Stromverbrauch der Trocknung sowie Gesamt-Stromverbrauch ohne Trocknung, 2016	83
Abb. 3-38:	Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz (Monatssummen), Gesamt-Stromverbrauch, Stromproduktion durch das BHKW, Fremdstrombezug sowie Einspeisung, 2016	83
Abb. 3-39:	Eigenversorgungsgrad Strom, 2016	84
Abb. 3-40:	Temperaturen Ablauf, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016), Jahresmittelwert 15 °C Minimum: 10,5 °C: ca. 01.01. – 29.02.2016 Maximum: 20,0 °C: ca. 15.07. – 30.09.2016	88

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Mittlere angeschlossene EW, Stromverbräuche $E_{ges}$ und $E_{Bel}$ sowie spezifische Stromverbräuche $e_{ges}$ und $e_{Bel}$ der Jahre 2007 und 2010	6
Tab. 2-2:	Kennwerte des Energiechecks der Jahre 2013 bis 2015 vor Umbau der Kläranlage Schlitz, mittlere angeschlossene EW, Stromverbräuche $E_{ges}$ und $E_{Bel}$ sowie spezifische Stromverbräuche $e_{ges}$ und $e_{Bel}$	7
Tab. 2-3:	Schlammengen (TR, oTR) zur Auslegung der Faulung	9
Tab. 2-4:	prognostizierte Faulgasmengen und Auslegung Gasspeicher nach Umbau	9
Tab. 2-5:	prognostizierte Faulgasnutzung nach Umbau	9
Tab. 2-6:	Anlagendaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf, Übersicht	12
Tab. 2-7:	Grober Ablaufplan des Vorhabens	14
Tab. 2-8:	Auflistung der durch das Prozessleitsystem online aufgezeichneten Daten	26
Tab. 2-9:	Auflistung der durch das Personal der Stadtwerke analysierten Daten mit Häufigkeit der Analyse	27
Tab. 2-10:	Messprogramm lt. Anforderung des Umweltbundesamtes	28
Tab. 2-11:	Messprogramm durchgeführter Probenahmeplan lt. Anforderung des Umweltbundesamtes	30
Tab. 2-12:	Anzeigen und Archivierung des Stromverbrauchs (kWh) sowie der Leistung (kW) einzelner Baugruppen sowie des BHKW und der Faulgasmenge im Prozessleitsystem	31
Tab. 2-13:	Durchgeführte Strommessungen als Basis für die Energieanalyse	32
Tab. 3-1:	Verarbeitete Klärschlammengen (Primär- und Überschussschlamm der Kläranlage Hutzdorf) in 2016	34
Tab. 3-2:	Verarbeitete Klärschlammengen (Überschussschlämme der Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun) in 2016	35
Tab. 3-3:	Anlieferungen von Co-Substraten auf der Kläranlage Hutzdorf in 2016	37
Tab. 3-4:	Nachweis der Aufenthaltszeit sowie organischen Raumbelastung des Faulbehälters (Monatsmittelwerte)	39
Tab. 3-5:	Zusammenstellung der auf der Kläranlage Hutzdorf in 2016 verarbeiteten Schlämme (Primär- und Überschussschlämme) und Co-Substrate als Monatssummen	40
Tab. 3-6:	Parameter des Hauptmessprogramms sowie Analysenverfahren	41
Tab. 3-7:	Durchgeführte Messkampagnen	42
Tab. 3-8:	Tagesfrachten sowie errechnete Einwohnerwerte an 4 den Messtagen der Bestimmung der Tagesganglinien	50
Tab. 3-9:	Analysenergebnisse und Auswertung des Messprogramms Vorklärung mit Analysen des Zulaufs und des Ablaufs der Vorklärung, Tagesmischproben an jeweils 6-7 Messtagen im Mai, Juni und Dezember 2016	53
Tab. 3-10:	Analysenergebnisse des Schlammwassers des Scheibeneindickers	55
Tab. 3-11:	Analysenergebnisse des Zentrates des Dekanters	55
Tab. 3-12:	Mittlere tägliche Rückbelastung aus Schlammwasser des Scheibeneindickers sowie aus dem Zentrat des Dekanters	56
Tab. 3-13:	Zulaufbelastung der Kläranlage Schlitz 2016	57
		X

Tab. 3-14: Zusammenstellung der Ablaufwerte BSB <sub>5</sub> , CSB, NH <sub>4</sub> -N, N <sub>ges</sub> und P <sub>ges</sub> der Jahre 2013 bis 2016, jeweils Mittelwerte und 85-Percentil	59
Tab. 3-15: Überschreitungen der Überwachungswerte im Rahmen der Eigenkontrolle sowie des Messprogramms	60
Tab. 3-16: Monatssumme des Gesamt-Energieverbrauchs 2016 im Vergleich zu den Jahren 2014 und 2015 sowie Stromproduktion durch das BHKW und Eigenversorgungsgrad	61
Tab. 3-17: Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamt-Energieverbrauch 2016	61
Tab. 3-18: Kennwerte des Energiechecks 2016 nach Umbau der Kläranlage Schlitz, mittlere angeschlossene EW	63
Tab. 3-19: Aggregatliste nach Umbau der Kläranlage Schlitz mit Anschlussleistung	68
Tab. 3-20: Betriebsdaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf	72
Tab. 3-21: Gasertragsversuche GB21 der in der Faulung verarbeiteten Substrate, Berechnung der theoretisch möglichen Faulgas- und Methanproduktion	75
Tab. 3-22: Theoretische Ermittlung des Faulgaspotentials sowie des Methanpotentials auf der Basis der oTR-Frachten sowie der Gasertragsversuche (Teil 1)	76
Tab. 3-23: Theoretische Ermittlung des Faulgaspotentials sowie des Methanpotentials auf der Basis der oTR-Frachten sowie der Gasertragsversuche (Teil 2)	78
Tab. 3-24: Gegenüberstellung des theoretischen Faulgaspotentials auf der Basis der oTR-Frachten und der GB21-Gaserträge und des tatsächlich gemessenen Faulgasanfalls	79
Tab. 3-25: Faulgas-Verbrauch des BHKW und Stromproduktion	80
Tab. 3-26: Stromverbrauch, Stromproduktion und des Fremdbezugs in 2016	82
Tab. 3-27: Flüssiggasverbrauch zur Beheizung des Faulbehälters	85
Tab. 3-28: Flüssiggasverbrauch zur Beheizung des Betriebsgebäudes	85
Tab. 3-29: Ermittlung des U-Wertes der Faulbehälter-Wand sowie des Deckels und Bodens	86
Tab. 3-30: Ermittlung des Transmissionswärmeverlustes des Faulbehälters für Januar, Juli sowie im Jahresmittel	86
Tab. 3-31: Berechnung des Gesamt-Wärmebedarf des Faulbehälters für Januar (Maximalbedarf), Juli (Minimalbedarf) sowie im Jahresmittel	87
Tab. 3-32: Theoretische Wärmebilanz der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf bei stabilem Betrieb und optimaler Faulgasnutzung	87
Tab. 3-33: Zusammenstellung der maßgeblichen Bemessungsdaten 2016	89
Tab. 3-34: Gegenüberstellung der Stromverbräuche Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte) mit den anlagenbezogenen Idealwerten	95
Tab. 3-35: Aggregate und Aggregategruppen, deren Stromverbräuche im Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte) niedriger als die anlagenbezogenen Idealwerte sind	96
Tab. 3-36: Aggregate und Aggregategruppen, deren Stromverbräuche im Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte) höher als die anlagenbezogenen Idealwerte sind	97
Tab. 3-37: Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in einzelnen Baugruppen	100

---

Tab. 3-38: Zusammenstellung des Energieverbrauchs (elektrisch und thermisch) sowie der sich daraus ergebenden CO <sub>2</sub> -Emissionen der Jahre 2014/15 vor Umbau und 2016 nach Umbau, tatsächliche Messwerte	102
Tab. 3-39: Zusammenstellung des theoretisch möglichen Energieverbrauchs (elektrisch und thermisch) sowie der sich daraus ergebenden CO <sub>2</sub> -Emissionen der Jahre 2014/15 vor Umbau und 2016 nach Umbau, Hochrechnung aufgrund der Ergebnisse im November und Dezember 2016	103

## Abkürzungsverzeichnis

a	-	Jahr
A	m <sup>2</sup>	Fläche
AN	-	Ablauf Nachklärung
BB	-	Belebungsbecken
B <sub>d</sub>	kg/d	Tägliche Fracht
B <sub>d,CSB,aM,Z</sub>	kg/d	Tägliche CSB-Fracht im Zulauf der Kläranlage im Jahresmittel
B <sub>d,oTM,aM</sub>	kg/d	Täglich zugeführte organische Trockenmasse im Jahresmittel
BHKW	-	Blockheizkraftwerk
BSB	mg/l	Biochemischer Sauerstoffbedarf
BTB	-	Betriebstagebuch
C	-	Konzentration
C <sub>CSB</sub>	mg/l	Konzentration des CSB in der homogenisierten Probe
C <sub>N</sub>	mg/l	Konzentration des Gesamtstickstoffs in der homogenisierten Probe als Stickstoff (N)
C <sub>P</sub>	mg/l	Konzentration des Phosphors in der homogenisierten Probe als Phosphor
C <sub>O<sub>2</sub>, BB</sub>	mg/l	Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken
CH <sub>4</sub>	-	Methan
CO <sub>2</sub>	-	Kohlendioxid
CSB	-	Chemischer Sauerstoffbedarf
cosφ	-	Phasenwinkel zwischen dem Phasen des Drehstroms
DWA	-	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
d	-	Tag
E	kWh	Energiebedarf/-erzeugung
E <sub>Bel</sub>	kWh/a	Stromverbrauch Belüftung im Belebungsbecken
E <sub>ges</sub>	kWh/a	Stromverbrauch gesamt
E <sub>KWK,el</sub>	kWh/a	Jahresproduktion elektrische Energie aus Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen
E <sub>PW</sub>	kWh/a	Stromverbrauch des Pumpwerks
E <sub>th</sub>	kWh/a	Thermische Energie
E <sub>th,ext</sub>	kWh/a	Extern zugeführte Energie zur Wärmeversorgung
EV <sub>el</sub>	%	Eigenversorgungsgrad Elektrizität

el	-	Elektrisch
e <sub>Bel</sub>	kWh/(E·a)	Einwohnerspezifischer Stromverbrauch der Belüftung
e <sub>FG</sub>	l/(E·a)	Einwohnerspezifische Faulgasproduktion
e <sub>ges</sub>	kWh/(E·a)	Einwohnerspezifischer Gesamtstromverbrauch
e <sub>PW</sub>	kWh/(m <sup>3</sup> ·m)	Spezifischer Stromverbrauch für Pumpwerke
e <sub>spez</sub>	kWh/(E·a) kWh/m <sup>3</sup>	Spezifischer Stromverbrauch bezogen auf die maßgebende Einflussgröße
e <sub>th, ext</sub>	kWh/(E·a)	Einwohnerspezifischer externer Wärmebezug
EW	-	Einwohnerwert
FB	-	Faulbehälter
f <sub>c</sub>	-	Stoßfaktor für die Kohlenstoffatmung
f <sub>N</sub>	-	Stoßfaktor für die Ammoniumoxidation
GB 21	l <sub>n</sub> /kg	Gasbildungsrate nach 21 Tagen (Standard-Versuch zur Bestimmung der Faulgas- oder Biogasbildung)
GV	%	Glühverlust
GK	-	Größenklasse
HRT	D	Aufenthaltszeit
H <sub>i</sub>	kWh/kg	Heizwert
h <sub>d</sub>	m	Einblastiefe
h <sub>geod</sub>	m	Geodätischer Höhenunterschied
h <sub>man</sub>	m	Monometrische Förderhöhe
h <sub>v</sub>	m	Verlusthöhe durch Reibung im Leitungsweg
I	A	Elektrische Stromstärke
KA	-	Kläranlage
kWh	-	Kilowattstunden
l <sub>n</sub>	l	Normliter als Volumen von Gasen unter Standardbedingungen
MID	-	Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät
N	-	Stickstoff
NED	-	Nacheindicker
NKB	-	Nachklärbecken
N <sub>FG</sub>	%	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität
N <sub>KWK</sub>	%	Prozentualer Anteil des verstromten Faulgases
Nm <sup>3</sup>	-	Normkubikmeter
NH <sub>4</sub>	-	Ammonium

OV <sub>d</sub>	kg <sub>o2</sub> /d	Sauerstoffverbrauch pro Tag
P	-	Phosphor
PE	-	Population equivalents
PS	-	Primärschlamm
PT	-	total number of inhabitants and population equivalents (PT)
P <sub>el</sub>	kW	Elektrische Wirkleistung
PS	-	Primärschlamm
Q	m <sup>3</sup> /a; m <sup>3</sup> /d	Volumenstrom
Q <sub>FG,a</sub>	m <sup>3</sup> /a	Jahressumme des Faulgasanfalls bei Normalbedingungen
Q <sub>FG,aM</sub>	l/d	Täglicher Faulgasanfall bei Normbedingungen im Jahresmittel
Q <sub>L</sub>	m <sup>3</sup> /h; m <sup>3</sup> /d	Luftvolumenstrom
Q <sub>PS+ÜS</sub>	kg/d	Rohschlammanfall im Zulauf des Faulbehälters als aus Primär- und Überschussschlamm
q <sub>T, BG</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Spezifischer Wärmebedarf des Betriebsgebäudes
RS	-	Rücklaufschlamm
S <sub>CSB</sub>	mg/l	Konzentration des CSB in der filtrierten Probe
S <sub>NH4</sub>	mg/l	Konzentration des Ammoniumstickstoffs in der filtrierten Probe als Stickstoff (N)
S <sub>NO2</sub>	mg/l	Konzentration des Nitritstickstoffs in der filtrierten Probe als Stickstoff (N)
S <sub>NO3</sub>	mg/l	Konzentration des Nitratstickstoffs in der filtrierten Probe als Stickstoff (N)
S <sub>PO5</sub>	mg/l	Konzentration des Phosphats in der filtrierten Probe als Phosphor (P)
SAE	kg/kWh	Sauerstoffeintrag in Reinwasser; (engl. Standard Aeration Efficiency)
SOTR	kg/h	Standard-Sauerstoffzufuhr in Reinwasser; (engl. Standard Oxygen Transfer Rate)
SSOTE	%/m	Spezifische Standard-Sauerstoffausnutzung; (engl. Specific Standard Oxygen Transfer Efficiency)
SSOTR	%/m	Spezifische Standard-Sauerstoffzufuhr; (engl. Specific Standard Oxygen Transfer Rate)
T	°C; K	Temperatur
TM	g, kg	Trockenmasse, bestimmt ohne vorherige Filtration
oTM	g, kg	Organische Trockenmasse, bestimmt ohne vorherige Filtration

TR	%	Trockenrückstand, Verhältnis der Trockenmasse zur Ausgangsmasse
oTR	%	Organischer Trockenrückstand, Verhältnis der organischen Trockenmasse zur Ausgangsmasse
TS	g/l	Konzentration der Trockensubstanz (Filterrückstand)
oTS	g/l	Konzentration der organischen Trockensubstanz (Filterrückstand)
TS <sub>BB</sub>	g/l	Trockensubstanzkonzentration im Belebungsbecken
t	h	Laufzeit
t <sub>TS</sub>	h, d	Aufenthaltszeit der Trockensubstanz
th	-	Thermisch
TKN	-	Total Kjeldahl Stickstoff
TN <sub>b</sub>	mg/l	Gesamter gebundener Stickstoff in der homogenisierten Probe als Stickstoff (N)
U-Wert	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmedurchgangskoeffizient
ÜS	-	Überschussschlamm
V	m <sup>3</sup>	Volumen
VED	-	Voreindicker
W <sub>el</sub>	kWh	Elektrische Wirkarbeit
ÜS	-	Überschussschlamm
Y <sub>FG</sub>	l/kg	Spezifische Faulgasproduktion bezogen auf die organische Trockenmasse oTM
ZB	-	Zulauf Belebung
α-Wert	-	Grenzflächenfaktor, Sauerstoffübertragungsfaktor
Δp	m	Druckdifferenz in m Wassersäule
ΔT	K	Temperaturdifferenz
η	%	Wirkungsgrad

# 1 Einleitung

## 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens „Stadtwerke Schlitz“

Die Burgenstadt Schlitz hat die kommunalen Einrichtungen des Elektrizitätswerkes, des Wasserwerkes, der Abwasserbeseitigung, des Bauhofes und der Schwimmbäder in einem Eigenbetrieb nach dem Eigenbetriebsgesetz und den Bestimmungen der städtischen Eigenbetriebssatzung zusammengeführt.

Zweck des Eigenbetriebs ist es,

- die Versorgung mit elektrischer Energie in dem vertraglich festgelegten Versorgungsgebiet des Schlitzerlandes und Wasser im Stadtgebiet sicherzustellen,
- die Ableitung, Behandlung und Entsorgung von Abwasser im Stadtgebiet sicherzustellen
- den Bauhof der Stadt Schlitz zu betreiben,
- das Freibad im Stadtgebiet der Stadt Schlitz zu betreiben.

Der Eigenbetrieb führt die Bezeichnung „**Stadtwerke Schlitz**“.

Die Burgenstadt Schlitz hat ihren kommunalen Eigenbetrieb *Stadtwerke Schlitz* zur Umsetzung der Maßnahmen aus dem Förderschwerpunkt „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ (EAA) eingesetzt. Der Eigenbetrieb *Stadtwerke Schlitz* stellt als Betreiber der Anlage sodann auch den laufenden Betrieb der energetisch und verfahrenstechnisch optimierten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf sicher.

## 1.2 Ausgangssituation im Unternehmen

Die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf wurde im Jahr 1980 nach den damals geltenden Richtlinien zur weitgehenden Elimination der Kohlenstoffverbindungen sowie zur teilweisen Elimination der Stickstoffverbindungen mit einer Ausbaugröße von 14.000 EW konzipiert. Aktuell (in den Jahren 2009 und 2010) waren ca. 10.000 EW (mit 60 g BSB<sub>5</sub>/(EW\*d) bzw. 120 g CSB/(EW\*d)) an die Kläranlage angeschlossen. Nach Angabe der Stadtwerke Schlitz sind derzeit (Anfang 2017) im Einzugsgebiet der Kläranlage 7.003 „natürliche“ Einwohner gemeldet. Angaben über die Abwasserfrachten angeschlossener Gewerbe- und Industriebetriebe liegen den Stadtwerken Schlitz nicht vor.

Die Anlage verfügt über eine 1-straßige Belebungsanlage; der anfallende Klärschlamm wird nach Eindickung und Entwässerung über eine im Jahr 2006 installierte Solar-Trocknungsanlage getrocknet.

Die Anlage steht damit exemplarisch für viele Anlagen der Größenklassen 3 und 4, insbesondere für Anlagen mit einem Anschlussgrad zwischen ca. 5.000 EW und 20.000 EW, die die geforderten Einleitungsbedingungen (Überwachungswerte) in der Regel einhalten, aber weder verfahrenstechnisch noch insbesondere energetisch optimiert sind.

Mit dem hier über den Förderschwerpunkt „Energieeffiziente Abwasseranlagen“ (EAA) realisierten Vorhaben sollten Maßnahmen umgesetzt werden, die die Ressourcen- und Energieeffizienz der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf zukunftsweisend optimieren.

Nachfolgend aufgeführte Maßnahmen wurden bereits vor der Realisierung des unter Pkt. 2 beschriebenen innovativen Konzeptes im Rahmen des Förderschwerpunktes „EAA“ zur Steigerung der Energieeffizienz der Kläranlage umgesetzt:

- 
- Austausch des Belüftungssystems, Ausbau von verschlissenen und versprödeten Membranbelüftern, Einbau von effizienten Plattenbelüftern, Hersteller Supratec, in 2008
  - Umstellung der E-MSR-Steuerung auf die Biologie-Regelung OptiNOx der Fa. Hartmut Kleine GmbH im März 2010, damit Optimierung des Sauerstoffeintrags sowie des Belebtschlamm-Managements (Regelung des TS-Gehalts im Belebungsbecken, Überschussschlammabzug)
  - Bau einer solaren Trocknungsanlage, Fa. Thermo-System, ohne Nutzung von Abwärme (2006)

## 2 Vorhabenumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Im Rahmen des genehmigten Vorhabens wurden ergänzend folgende Maßnahmen umgesetzt:

- **Optimierte Organisationsform**

Realisierung eines Klärschlamm-Verwertungskonzeptes im Verbund mit externen Kläranlagenbetreibern,

  - Annahme von Klärschlämmen externer Kläranlagen,
  - gemeinsame Vergärung mit Klärgasnutzung,
  - gemeinsame Trocknung in der vorhandenen Solartrocknungsanlage,
  - gemeinsame Verwertung
- **Optimierung der Abwasserreinigung**

Bau einer Vorklärung zur Abtrennung des hoch energiereichen Primärschlammes, damit

  - Entlastung der aeroben Belebungsanlage
  - Stabilisierung der Ablaufwerte
  - Reduzierung des Sauerstoffbedarfs
  - Reduzierung der erforderlichen Belüftungsenergie (elektrischer Strom)
- **Optimierung der Klärschlammbehandlung**

Bau einer Faulungsanlage mit vorgeschalteter maschineller Überschussschlamm--eindickung zur

  - Vergärung des Primärschlammes sowie des Überschussschlammes der Kläranlage Schlitz
  - Mitbehandlung von Klärschlämmen externer Kläranlagen
  - Annahme von Co-Substraten aus der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH in den Wintermonaten (ca. 6,0 t/d im Zeitraum von Oktober bis Mai)
  - Erhöhung der Klärgasmenge
- **Bau einer Klärgasnutzungsanlage**

Bau einer Klärgasnutzungsanlage als Blockheizkraftwerk

  - zur Bereitstellung selbst erzeugter elektrischer und thermischer Energie
  - zur Reduzierung des externen Strombezugs
  - und damit zur Verbesserung der Energiesituation
- **Optimierung der Wärmeversorgung der Kläranlage / Abwärmenutzung**
  - Realisierung einer 100-%-igen Eigenwärmeversorgung der Kläranlage mit Beheizung des Faulbehälters, der Betriebsgebäude sowie einer Zusatz-Versorgung der solaren Klärschlamm-trocknungsanlage
  - Installation eines Nahwärmenetzes zur Wärmeversorgung des Faulbehälters, der Betriebsgebäude sowie der bereits bestehenden Klärschlamm-trocknungsanlage
  - Nachrüstung der vorhandenen Solaren Klärschlamm-trocknungsanlage mit einer Wärmeeinbringung
  - Reduzierung der zu entsorgenden Klärschlamm-mengen und dadurch Reduzierung des Transportaufwandes sowie der Entsorgungskosten

Im Rahmen der Vorplanung wurden folgende positive Auswirkungen auf die energetische Situation der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf bilanziert:

- **Reduzierung des externen Strombezugs aus dem Stromnetz bzw. einwohner-spezifischen externen Strombezugs**
  - von vormals ca. 385.000 kWh /a (entsprechend ca. 39,0 kWh/(E\*a))
  - auf ca. 150.000 kWh /a (entsprechend ca. 15,2 kWh/(E\*a))
- **Reduzierung des Gesamt-Stromverbrauchs bzw. einwohner-spezifischen Stromverbrauchs**
  - von vormals ca. 385.000 kWh /a (entsprechend ca. 39,0 kWh/(E\*a))
  - auf ca. 333.000 kWh /a (entsprechend ca. 33,8 kWh/(E\*a))  
bzw. auf ca. 375.000 kWh /a (entsprechend ca. 38,1 kWh/(E\*a))  
unter Berücksichtigung der Annahme externer Klärschlämme (Verwertungsverbund)
- **Reduzierung des Bezugs von externen Energieträgern zur Beheizung der Betriebsgebäude**
  - von vormals ca. 60.000 kWh /a (als Flüssiggas)
  - auf ca. 0 kWh /a (Eigen-Wärmeversorgung)

## 2.2 Darstellung der technischen und baulichen Umsetzung des Vorhabens

### 2.2.1 Verfahrenstechnik vor Durchführung der Maßnahmen

Die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf wurde in 1980 in der Konfiguration zum Abbau der Kohlenstoffverbindungen und zur teilweisen Stickstoffelimination mit folgenden Anlagenteilen errichtet:

- Zulaufpumpwerk als Schneckenhebewerk
- Rechenanlage
- Venture-Messung als Zulaufmessung
- Sand- und Fettfang
- Kombibecken mit außen liegendem Belebungsbecken und innen liegender Nachklärung:
  - Belebungsbecken mit einem Nutzvolumen von 1.550 m<sup>3</sup>, Wassertiefe ca. 4,00 m
  - Nachklärbecken mit einem Außendurchmesser von 27,00 m, einer Wassertiefe auf 2/3 des Fließweges von 4,17 m, einer Oberfläche von 571 m<sup>2</sup> sowie einem Volumen von 2.375 m<sup>3</sup>
- MID-Ablaufmessung
- Schlammeindicker
- Schlammentwässerung als Dekanter
- Schlammager für entwässerten Schlamm
- solare Klärschlamm-trocknung (seit 2006)
- Regenüberlaufbecken nach Regenüberlauf vor dem Zulaufpumpwerk (Becken B30)

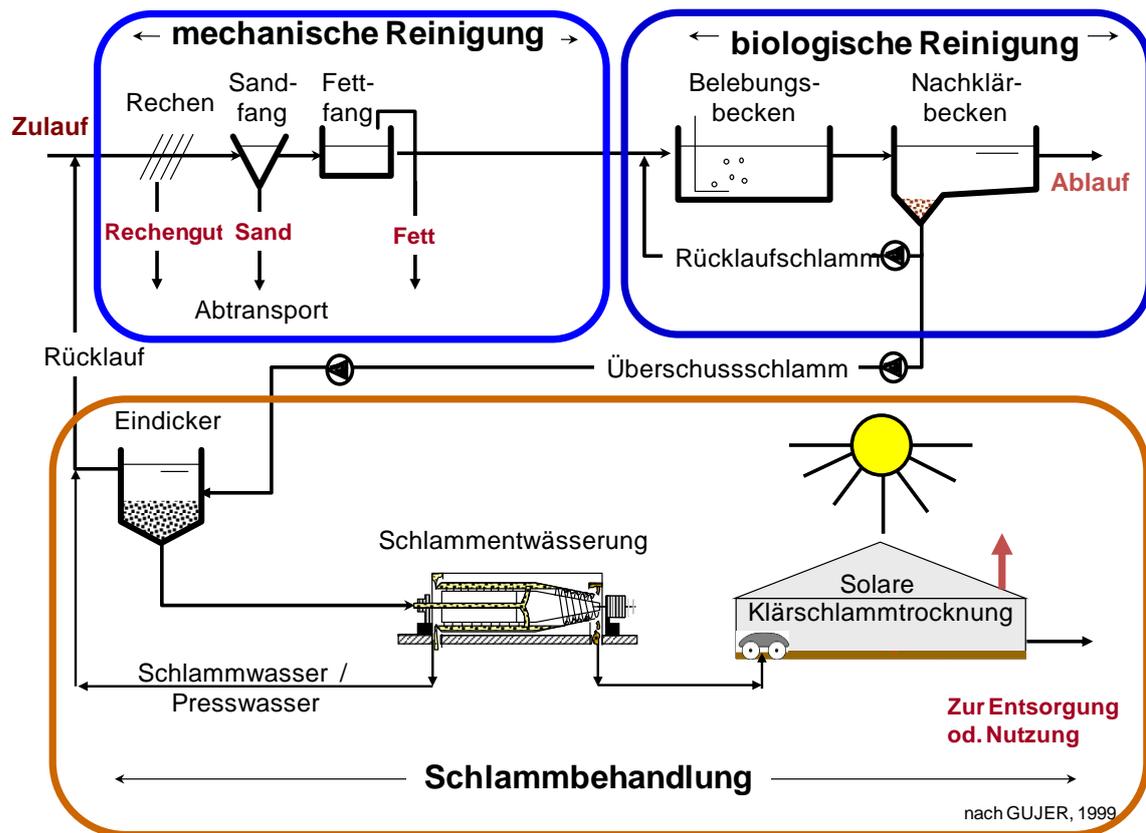


Abb. 2-1: Verfahrensschema Zustand vor Umbau (verändert nach Gujer, 1999)



Abb. 2-2: Luftbild Kläranlage Schlitz vor Umbau (Foto: Stadtwerke Schlitz)

## 2.2.2 Auslegungs- und Leistungsdaten vor Umbau

Die Kläranlage Schlitz stand vor Umbau exemplarisch für viele Anlagen der Größenklassen 3 und 4, insbesondere für Anlagen mit einem Anschlussgrad zwischen 5.000 und 25.000, d.h. ohne Faulung mit entsprechender Faulgasnutzung und ohne energetische Optimierung der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung.

In 2008 wurden effiziente Plattenbelüfter, Hersteller Supratec, eingebaut sowie Anfang 2010 die E-MSR-Steuerung auf das System „OptiNox“ der Fa. Hartmut Kleine GmbH umgerüstet. Damit konnte bereits eine deutliche Optimierung des Sauerstoffeintrags und des Strombedarfs erreicht werden. Die nachfolgende Tab. 2-1 zeigt als Ausgangssituation die mittleren angeschlossenen  $EW_{CSB}$ , die Stromverbräuche Gesamt sowie Belüftung  $E_{ges}$  und  $E_{bel}$  sowie die spezifischen Stromverbräuche  $e_{ges}$  und  $e_{Bel}$  der Jahre 2007 und 2010.

Tab. 2-1: Mittlere angeschlossene EW, Stromverbräuche  $E_{ges}$  und  $E_{Bel}$  sowie spezifische Stromverbräuche  $e_{ges}$  und  $e_{Bel}$  der Jahre 2007 und 2010

Zeitraum	mittlere $EW_{CSB}$	Gesamt-Stromverbrauch $E_{ges}$	davon Stromverbrauch Belüftung $E_{Bel}$	spezifischer Stromverbrauch gesamt $e_{ges}$	spezifischer Stromverbrauch Belüftung $e_{Bel}$
	$EW_{120}$	kWh/a	kWh/a	kWh/(E*a)	kWh/(E*a)
01.01.2007-31.12.2007	10.436 EW	553.847	324.229	53,1	31,1
01.01.2010-31.12.2010	9.824 EW	415.346	213.635	42,3 (inkl. Solar-trocknung)	21,7

## 2.2.3 Energiecheck vor Umbau

Mit Hilfe der Betriebstagebücher der Jahre 2013 bis 2015 wurde ein Energiecheck für die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf für den Betrieb der Anlage vor Umbau durchgeführt. Die hierfür erforderlichen Daten sowie die Kennwerte der Stromverbräuche  $E_{ges}$  und  $E_{Bel}$  sowie spezifische Stromverbräuche  $e_{ges}$  und  $e_{Bel}$  sind in der nachfolgenden Tab. 2-2 zusammengestellt.

Die spezifischen Stromverbräuche  $e_{ges}$  und  $e_{Bel}$  lagen in diesen Jahren im Mittel bei

$$e_{ges} = 34 \text{ kWh/(E*a)} \text{ und}$$

$$e_{Bel} = 20 \text{ kWh/(E*a)}$$

Beide spezifischen Werte liegen im Mittelfeld der Häufigkeitsverteilungen gemäß DWA-A 216.

Tab. 2-2: Kennwerte des Energiechecks der Jahre 2013 bis 2015 vor Umbau der Kläranlage Schlitz, mittlere angeschlossene EW, Stromverbräuche  $E_{ges}$  und  $E_{Bel}$  sowie spezifische Stromverbräuche  $e_{ges}$  und  $e_{Bel}$

Parameter	Einheit	Jahr			
		2013	2014	2015	i.M.
Stromverbrauch gesamt	[kWh/a]	407.548	375.231	370.541	384.440
<b>Stromverbrauch gesamt ohne Solartrocknung (ca.)</b>	<b>[kWh/a]</b>	<b>372.346</b>	<b>340.560</b>	<b>333.449</b>	<b>348.785</b>
Stromverbrauch Belüftung	[kWh/a]	216.000	198.872	196.387	203.753
Stromverbrauch Pumpwerk	[kWh/a]	40.755	37.523	37.054	38.444
Fördermenge	m <sup>3</sup> /a	1.179.722	979.951	853.594	1.004.422
EW nach CSB	E	11.734	9.906	9.273	10.304
<b><math>e_{ges}</math> (ohne Solartrocknung)</b>	<b>[kWh/(E*a)]</b>	<b>31,7</b>	<b>34,4</b>	<b>36,0</b>	<b>34,0</b>
<b><math>e_{Bel}</math></b>	<b>[kWh/(E*a)]</b>	<b>18,4</b>	<b>20,1</b>	<b>21,2</b>	<b>19,9</b>
<b><math>e_{pw}</math></b>	<b>[Wh/(m<sup>3</sup>*m)]</b>	<b>11,5</b>	<b>12,8</b>	<b>14,5</b>	<b>12,9</b>

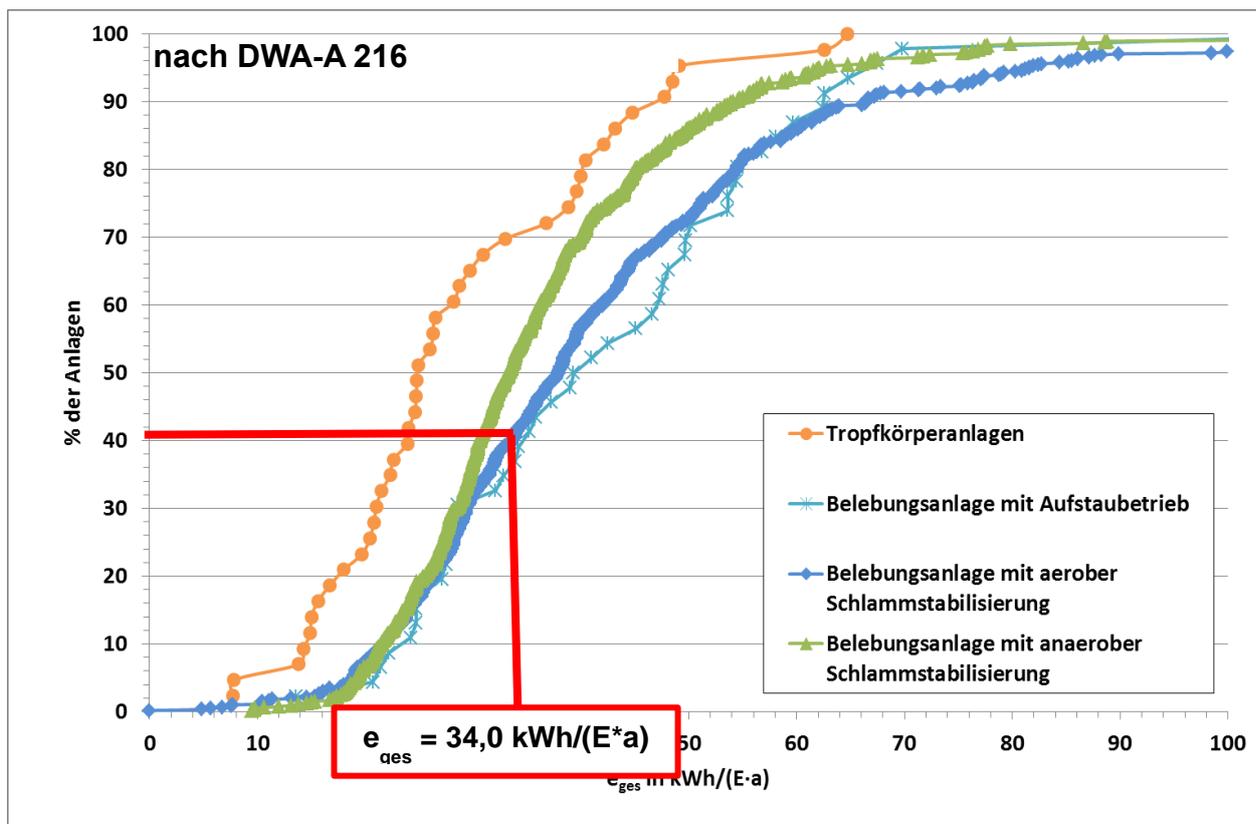


Abb. 2-3: Spezifischer Gesamtstromverbrauch  $e_{ges}$  der Kläranlage Schlitz vor Umbau im Vergleich zur Häufigkeitsverteilung gem. DWA-A 216

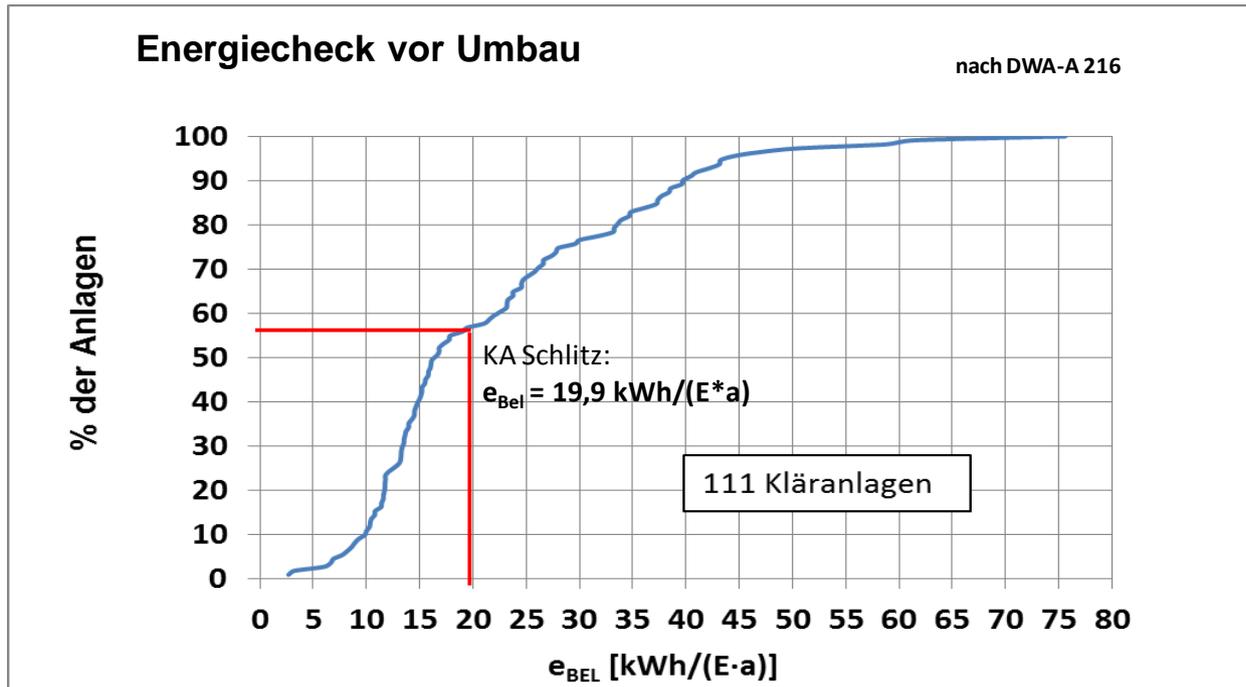


Abb. 2-4: Spezifischer Stromverbrauch für die Belüftung  $e_{\text{Bel}}$  der Kläranlage Schlitz vor Umbau im Vergleich zur Häufigkeitsverteilung gem. DWA-A 216

#### 2.2.4 Auslegungs- und Leistungsdaten nach Umbau

Die Konzeption der umzubauenden Kläranlage Schlitz erfolgte mit folgenden Daten:

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| • Einwohnerwerte   | 9.850 E                       |
| • Zusatzbelastung aus Schlammwasser aufgrund Annahme externer Klärschlämme | ca. 48 kg N/d<br>ca. 4 kg P/d |
| • Trockenwetterzufluss $Q_t$   | 151 m <sup>3</sup> /h         |
| • Mischwasserzufluss $Q_m$   | 540 m <sup>3</sup> /h         |
| • Tageszufluss $Q_d$   | 2.270 m <sup>3</sup> /d       |

Die Nachrechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den o.a. Auslegungsdaten ist dem Anhang zu entnehmen.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die für die Bemessung der Schlammbehandlung inkl. Faulung erforderlichen Daten, die prognostizierten Faulgasmengen sowie die prognostizierte Faulgasnutzung:

Tab. 2-3: Schlammengen (TR, oTR) zur Auslegung der Faulung

	TR [kg/d]	mTR [kg/d]	oTR [%]	oTR [kg/d]	TS [%]	Schlamm- menge [m <sup>3</sup> /d]
Primärschlamm Schlitz	344,8	103,4	70%	241,3	3,0%	11,49
ÜS Schlamm – Schlitz: oTS 60 %, da Schlamm-alter < 15 Tage	460,0	184,0	60%	276,0	6,0%	7,67
ÜS Schlamm – extern: oTS 50 %, da Schlamm-alter > 25 Tage	300,0	150,0	50%	150,0	6,0%	5,00
<b>Summe Input Faulung</b>	<b>1104,8</b>	<b>437,4</b>		<b>667,3</b>		<b>24,16</b>
oTR-Abbau in Faulung				50%		
<b>Summe Output Faulung</b>	<b>771,1</b>	<b>437,4</b>		<b>333,7</b>	<b>3,2%</b>	<b>24,16</b>

Tab. 2-4: prognostizierte Faulgasmengen und Auslegung Gasspeicher nach Umbau

	Einheit	ohne externe Schlämme		mit Annahme externer Schlämme und Schlempe	
		Winter	Sommer	Winter inkl. Schlempe	Sommer ohne Schlempe
<b>Ermittlung der Faulgasmenge</b>					
<b>Menge Schlamm oTR</b>	kg/d	507,1	507,1	689,8	667,3
spez Wert	l/kg oTS/d	480	480	480	480
Q <sub>gas</sub>	m <sup>3</sup> /d	243,4	243,4	331,1	320,3
	m <sup>3</sup> /h	10,1	10,1	13,8	13,3
	m <sup>3</sup> /a	88.848	88.848	119.543	
spezifische Gasmenge	l/(E*d)	24,71		33,25	

Tab. 2-5: prognostizierte Faulgasnutzung nach Umbau

	Einheit	ohne externe Schlämme		mit Annahme externer Schlämme und Schlempe	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer
<b>Bemessung BHKW</b>					
Faulgasmenge Q <sub>gas</sub>	m <sup>3</sup> /h	10,1	10,1	13,8	13,3
spez. Heizwert	kWh/m <sup>3</sup> Gas	6,5	6,5	6,5	6,5
Input-Energie	kWh/h	65,9	65,9	89,7	86,8
spez. elektr. Energie		30%	30%	31%	31%
spez. therm. Leistung		55%	55%	55%	55%
Anfall	h/d	24,0	24,0	24,0	24,0
<b>Elektrische Leistung</b>	<b>kWh/h</b>	<b>19,8</b>	<b>19,8</b>	<b>27,8</b>	<b>26,9</b>
bei 8.234 Bh/a	kWh/a	162.859		225.183	
<b>thermische Leistung</b>	<b>kWh/h</b>	<b>36,3</b>	<b>36,3</b>	<b>49,3</b>	<b>47,7</b>
bei 8.234 Bh/a	kWh/a	298.575		399.518	

## 2.2.5 Verfahrenstechnik nach Durchführung der Maßnahmen

Der Schwerpunkt der durchgeführten Maßnahmen lag in der Realisierung einer anaeroben Schlammstabilisierung (statt wie bisher aerob unter Einsatz von Belüftungsenergie) in Verbindung mit dem Vorklärbecken, damit in der Produktion von Faulgas und Nutzung des Faulgases zur Energieerzeugung.

Um die Eigen-Energieversorgung weiter optimieren zu können, werden zusätzlich zu den Schlämmen der Kläranlage Schlitz (Überschussschlamm und Primärschlamm) noch eingedickte Überschussschlämme der Kläranlagen Niederaula, Burghaun und Langenschwarz angenommen und im Faulbehälter energetisch genutzt. Der Faulbehälter wurde mit entsprechender Kapazität dimensioniert.

In den Wintermonaten (von Oktober bis Mai) sollten noch Korn- und Obst-Schlempen der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH allerdings in vergleichsweise geringen Mengen (ca. 6 m<sup>3</sup>/d) angenommen werden. Im Betrachtungszeitraum 2016 wurden allerdings ausschließlich in den Monaten April und Mai insgesamt ca. 210 m<sup>3</sup> Schlempen angenommen. Während der zweiten Brennkampagne der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH wurde keine Schlempe angeliefert.

Statt dessen wurden in der zweiten Jahreshälfte Fettflotate aus einem Schlachthof sowie Teigreste einer Großbäckerei angenommen (siehe Kap. 3.2.2).

Im Rahmen des geförderten Vorhabens wurden folgende Module neu geplant und errichtet:

- Vorklärbecken zur Abtrennung hoch energiereichen Primärschlammes mit einem Volumen von  $V_{VKB} = 110 \text{ m}^3$
- Annahme- und Lagerbehälter für externe Klärschlämme,  $V = 600 \text{ m}^3$
- Annahme- und Mischbehälter für die angelieferten Co-Substrate (derzeit angemietet mit einem Nutzvolumen von 60 m<sup>3</sup>, Ersatz durch fest installierten mediengerechten Tank mit einem Nutzvolumen von etwa 80 – 100 m<sup>3</sup>). Das Co-Substrat-Gemisch wird über eine fest installierte Drehkolben-Verdränger-Pumpe mit vorgeschaltetem Mazerator aus dem Behälter gleichmäßig über 24 Stunden direkt in den Faulbehälter gefördert.
- Maschinelle Überschussschlammverdickung als Scheibeneindicker zur Eindickung von ca. 1 % TS (Überschussschlamm der Kläranlage Schlitz) bzw. ca. 2-3 % (Überschussschlämme der Kläranlagen Niederaula, Burghaun und Langenschwarz) auf ca. 6 % TS
- Faulbehälter mit einem Nutzvolumen von  $V_{FB} = 600 \text{ m}^3$  inkl. folgender Baugruppen:
  - Mazerator
  - Wärmetauscher
  - Impfschlammrührer
  - Zentralrührwerk zur Umwälzung
  - Umwälzpumpen
  - Gashaube
- Klärgasspeicher,  $V_{Sp} = 150 \text{ m}^3$
- Klärgasentschwefelung
- Druckerhöhungsanlage
- Klärgasnutzung über ein Blockheizkraftwerk

- Blockheizkraftwerk inkl. folgender Baugruppen:
  - Faulgasstrecke
  - Gasreinigung (H<sub>2</sub>S)
  - BHKW-Modul mit Motor, Generator, Kühlwasserwärmetauscher, Abgaswärmetauscher, Gasregelstrecke, Schmierölversorgung, Schalldämmhaube
  - Heizungsanschluss, Heizungseinbindung
  - Abgasleitung inkl. Abgasschalldämpfer
  - Notkühlaggregat
  - Elektroanschluss und Einspeisung
  - Lüftungsanlage mit Zu- und Abluftschalldämpfer
- Notfackel (erforderlich bei Ausfallzeiten des BHKW)
- Nahwärmenetz zur Versorgung der Betriebsgebäude sowie zur Unterstützung der solaren Klärschlamm-trocknung
- Betriebsgebäude zur Aufnahme der Überschussschlamm-eindickung, des BHKWs sowie der Gasreinigung

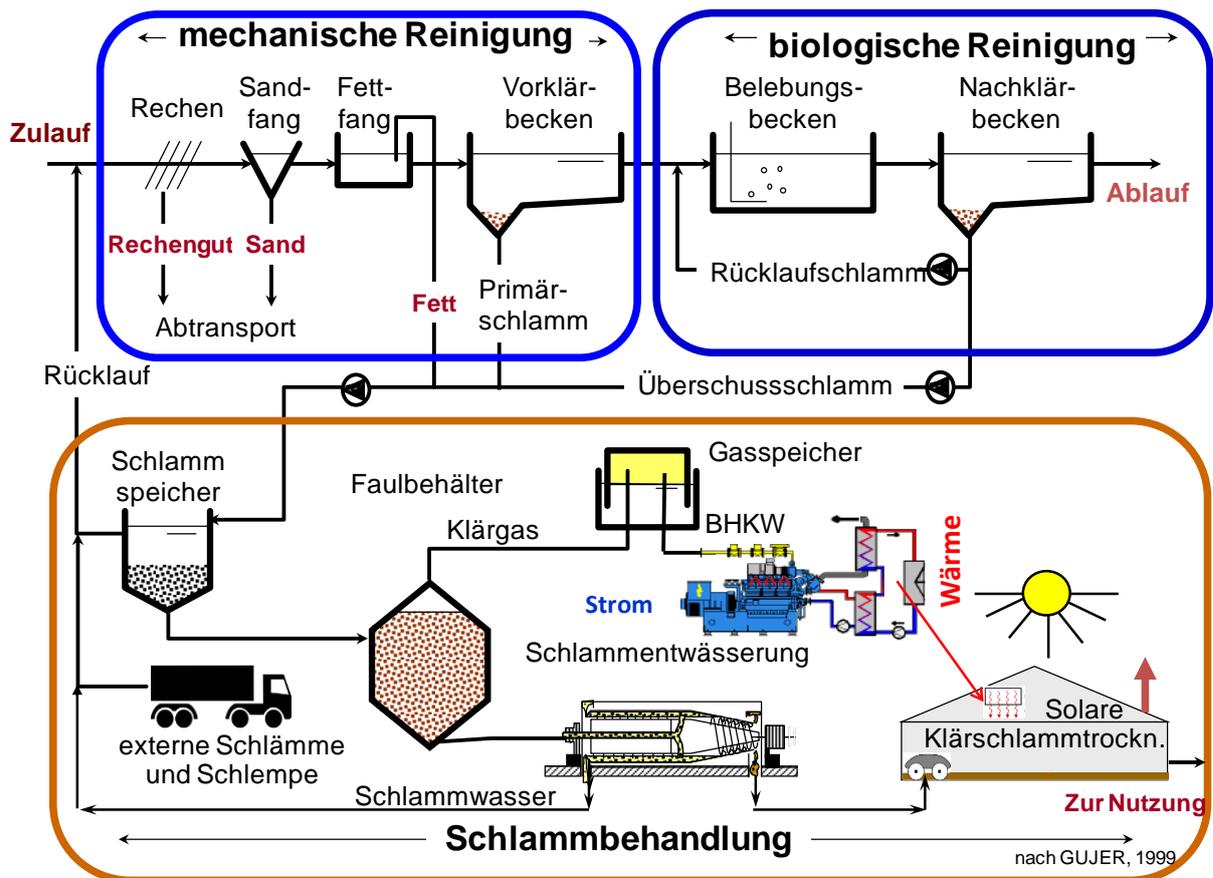


Abb. 2-5: Verfahrensschema Zustand nach Umbau (verändert nach Gujer, 1999)

Tab. 2-6: Anlagendaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf, Übersicht

<b>Anlagendaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf</b>	
Zulaufpumpwerk	4 Schnecken, 2* TW à 11 kW + 1* RW à 21 kW, 1* RW à 22 kW, Förderhöhe $H_{\text{man}}$ max ca. 6,64 m:
Sandfang/Fettfang	belüfteter Sand- u. Fettfang, 1 Straße mit $V_{\text{SF,TW}} = 42,3 \text{ m}^3$ , $V_{\text{SF,RW}} = 47,9 \text{ m}^3$ , 2 Gebläse je 1,1 kW bzw. $42 \text{ m}^3/\text{h}$ , 1 kont. in Betrieb
Vorklärung	Vorklärung $110 \text{ m}^3$ , rechteckig, Primärschlammabzug mit Mazerator, automatisiert über Trübungsmessung
Belebungsbecken	$V_{\text{ges}} = 1.550 \text{ m}^3$ , intermittierende Nitrifikation / Denitrifikation mit insgesamt 1 Rührwerk Hersteller ITT Flygt, Typ 4410 à 2,3 kW
Nachklärbecken	$V_{\text{NKB}} = 2.375 \text{ m}^3$ , $A_{\text{NKB}} = 570 \text{ m}^2$ , $h_{\text{ges}} = 4,10 \text{ m}$
Belüftung	intermittierender Betrieb, Regelung der Belüftung über eine SPS auf Basis von Ammonium- und Nitrat-Messung sowie $\text{O}_2$ -Kontrolle
Rücklaufschlammführung	2 Rücklaufschlamm-Pumpen Fa. Hidrostral mit je 4 kW, je 25 - 50 l/s, Förderhöhe ca. 0,3 – 1,0 m RV=100% bei Trockenwetter, bei Regenwetter auf max. 40 % limitiert, geregelt über Zulaufwassermenge
Überschussschlammabzug	1 Exzentrerschneckenpumpe Fa. Netsch, Nennleistung 5,5 kW
Überschuss-schlammmeindickung	maschinell, Huber ROTAMAT® Scheibeneindicker RoS 2S
Faulung	Faulbehälter $600 \text{ m}^3$ , Temperatur 35-37 °C, Umwälzung über Rührwerk mit 2,2 kW
Gasspeicher	$150 \text{ m}^3$
Heizkessel Faulbehälter	Buderus Hogano 215, Leistung: 48-58 kW (dient als Notheizung und wird nur mit Flüssiggas betrieben)
Notfackel	$37 \text{ m}^3/\text{h}$ , Baujahr 2016
Blockheizkraftwerk	Fa. Kuntschar & Schlüter, GTK 50K, Maximal-Leistung von $50 \text{ kW}_{\text{el}} / 71 \text{ kW}_{\text{th}}$ bei einem Primärenergieeinsatz von 146 kW (maximale Wirkungsgrade bei 100 %: $\eta_{\text{el}} = 34,2 \%$ , $\eta_{\text{th}} = 48,6 \%$ (siehe technische Daten Abb. 2-14 und Abb. 2-15)
Heizung Betriebsgebäude	Gasbrennwert Therme Viessmann Vitodens 100 WB1 Leistung: 8-24 kW (dient als Notheizung und wird nur mit Flüssiggas betrieben)
Elektro-Heizungen	Zulaufpumpwerk, Rechengebäude (mit Warmwasserspeicher), Sandwaschgebäude, Schlammwässerung

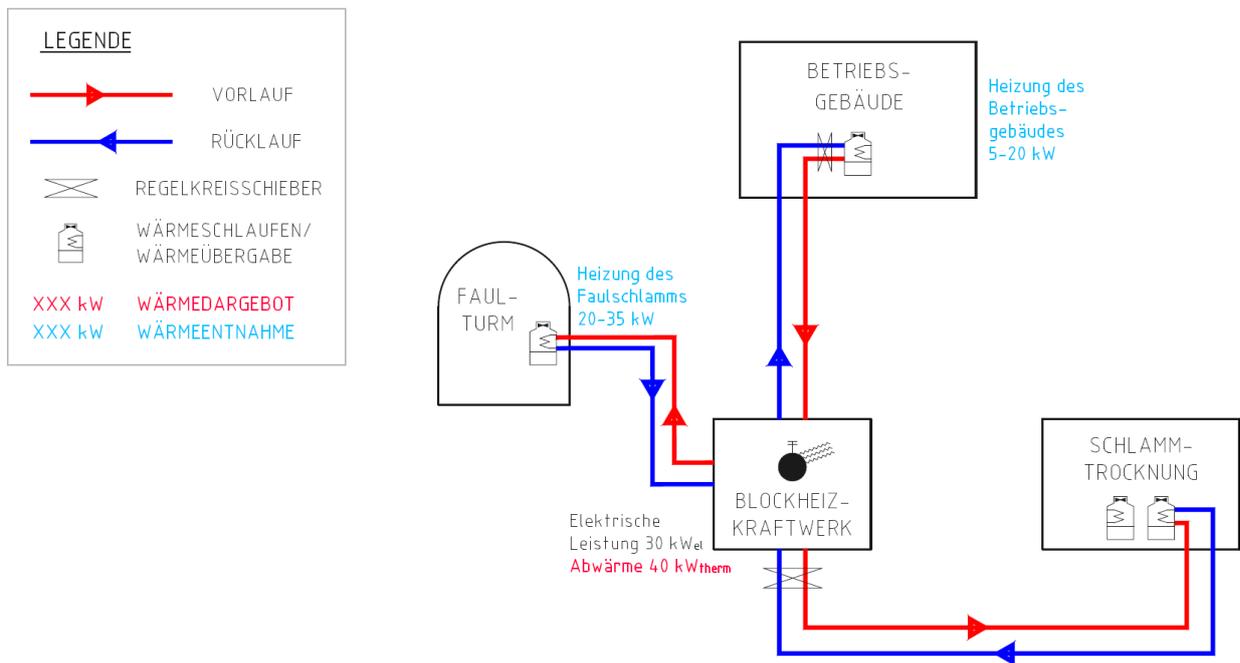


Abb. 2-6: Prinzipschema der Wärmeversorgung nach Umbau

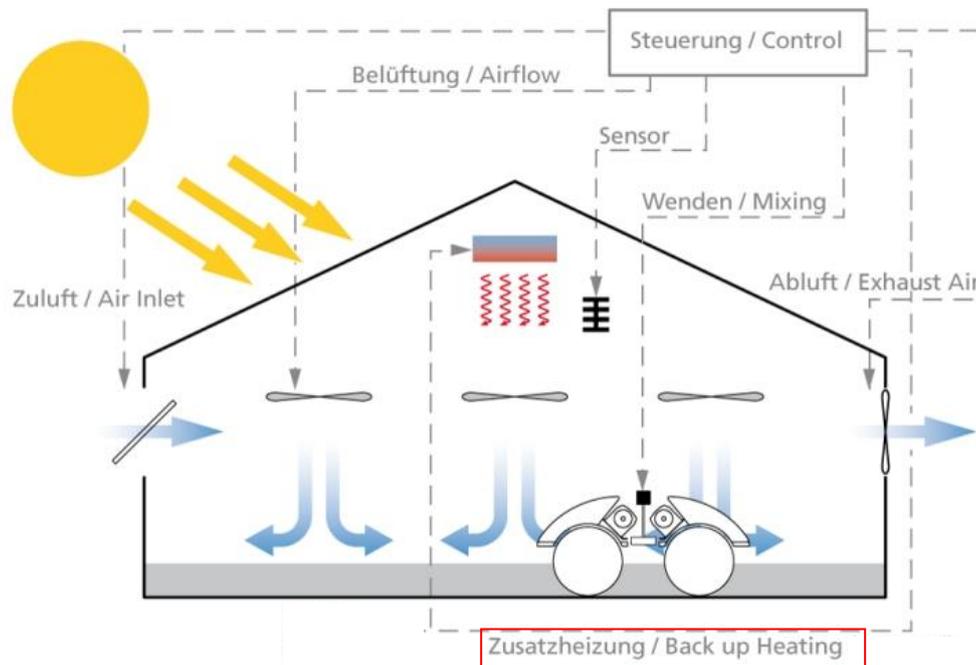


Abb. 2-7: Prinzipschema der optimierten Klärschlamm-trocknungsanlage (nach Homepage Thermo-System GmbH)

## 2.2.6 Darstellung der baulichen und technischen Umsetzung des Vorhabens

Die nachstehende Tab. 2-7 zeigt die Planungs- und Realisierungsphasen der baulichen Umsetzung des Vorhabens. Die Abb. 2-8 zeigt den Lageplan der Kläranlage nach Umbau mit den neu errichteten Bauteilen. Die Abb. 2-9 bis Abb. 2-12 zeigen Fotos der neu errichteten Baugruppen.

Tab. 2-7: Grober Ablaufplan des Vorhabens

Pos.	Vorgang	Start	Ende
<b>1</b>	<b>Bauarbeiten</b>	<b>13.01.2014</b>	<b>17.06.2015</b>
1.1	Technische Bearbeitung, Planung	13.01.2014	30.06.2014
1.2	Baustelleneinrichtung	13.01.2014	21.03.2014
1.3	Erdarbeiten, Außenanlagen	17.02.2014	17.06.2015
1.4	Vorklärbecken	27.05.2014	30.06.2014
1.5	Neues Betriebsgebäude	07.04.2014	31.10.2014
1.6	Faulbehälter mit Treppenturm	05.05.2014	21.11.2014
1.7	Gasschacht, Gasbehälter	22.09.2014	20.10.2014
1.8	Schlammbehälter / Fremdschlämme	17.02.2014	25.04.2014
<b>2</b>	<b>Maschinelle Ausrüstung</b>	<b>13.01.2014</b>	<b>24.04.2015</b>
2.1	Technische Bearbeitung, Planung	13.01.2014	21.02.2014
2.2	Vorklärbecken	10.11.2014	12.12.2014
2.3	Gasschacht, Gasbehälter	12.01.2015	06.02.2015
2.4	Gasaufbereitung	10.02.2015	23.02.2015
2.5	Faulbehälter mit Treppenturm	03.12.2014	16.01.2015
2.6	Überschussschlammwässerung	09.02.2015	27.02.2015
2.7	Heizung und BHKW	02.02.2015	27.02.2015
2.8	Schlammbehälter / Fremdschlämme	28.04.2014	12.05.2014
2.9	Rohrleitungen außerhalb	24.03.2014	11.04.2014
2.10	Rohrleitungen innerhalb	10.12.2014	24.04.2015
<b>3</b>	<b>E-MSR-Technik</b>	<b>03.03.2014</b>	<b>31.08.2015</b>
3.1	Technische Bearbeitung, Planung	03.03.2014	26.09.2014
3.2	Schaltanlage	14.10.2014	28.04.2015
3.3	SPS / PLS	16.10.2014	15.06.2015
3.4	Inbetriebnahme / Probetrieb E-MSR	16.06.2015	31.08.2015
<b>4</b>	<b>Inbetriebnahme / Probetrieb / Einfahrphase</b>	<b>20.07.2015</b>	<b>16.12.2015</b>
<b>5</b>	<b>Nachbesserung / Sanierung</b>		
	Außerbetriebnahme Faulung	01.06.2016	30.06.2016
	Sanierung Gashaube / Faulbehälterkopf	04.07.2016	14.07.2016
	Wiederinbetriebnahme Faulbehälter	14.07.2016	16.09.2016
<b>6</b>	<b>Messprogramm</b>	<b>07.01.2016</b>	<b>15.12.2016</b>

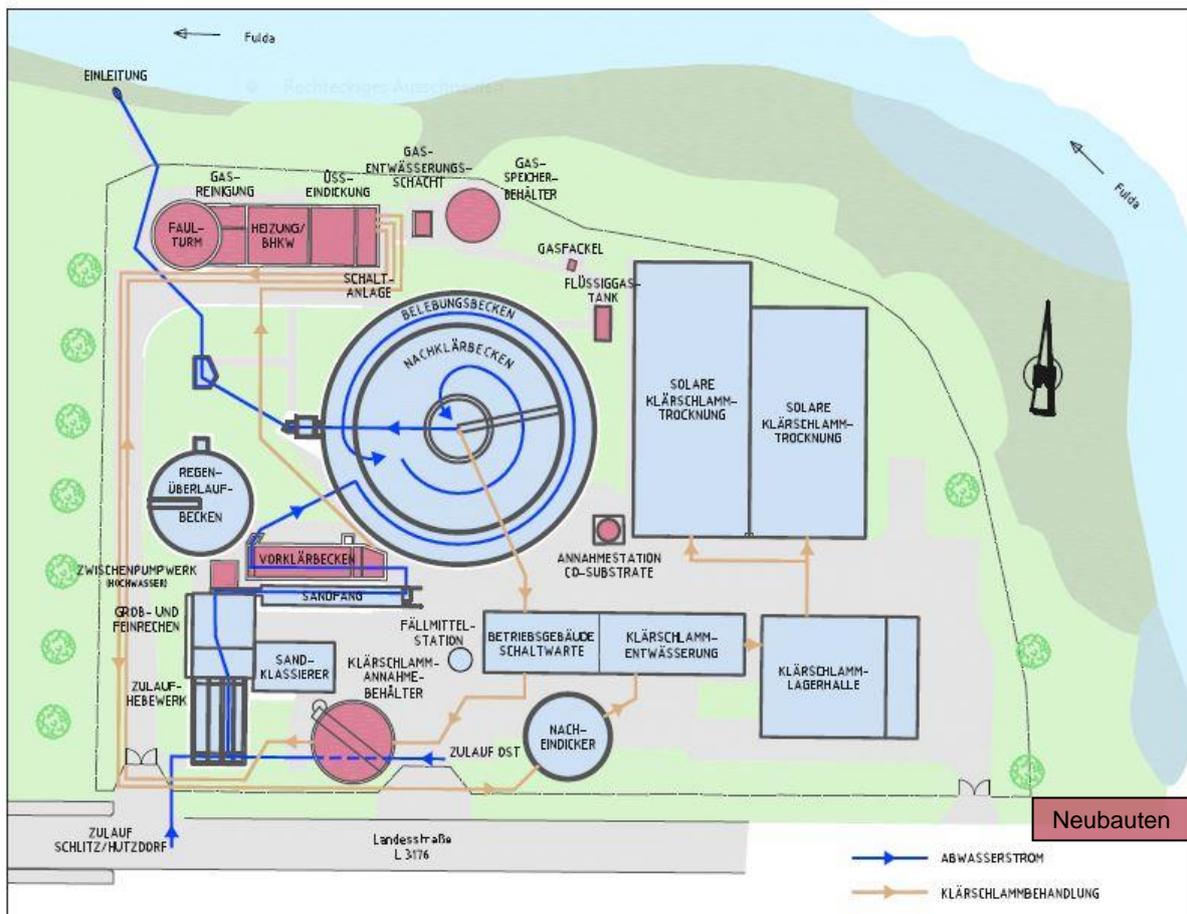


Abb. 2-8: Lageplan nach Umbau (Stadtwerke Schlitz)



Abb. 2-9: Annahme- und Lagerbehälter für externe Klärschlämme (links), (Foto Stadtwerke Schlitz)



Abb. 2-10: Maschinelle Überschussschlammverdickung (Huber ROTAMAT® Scheibeneindicker RoS 2S), (Foto Stadtwerke Schlitz)



Abb. 2-11: Faulbehälter mit Betriebsgebäude Schlammbehandlung und Faulgasverwertung (Foto Stadtwerke Schlitz)

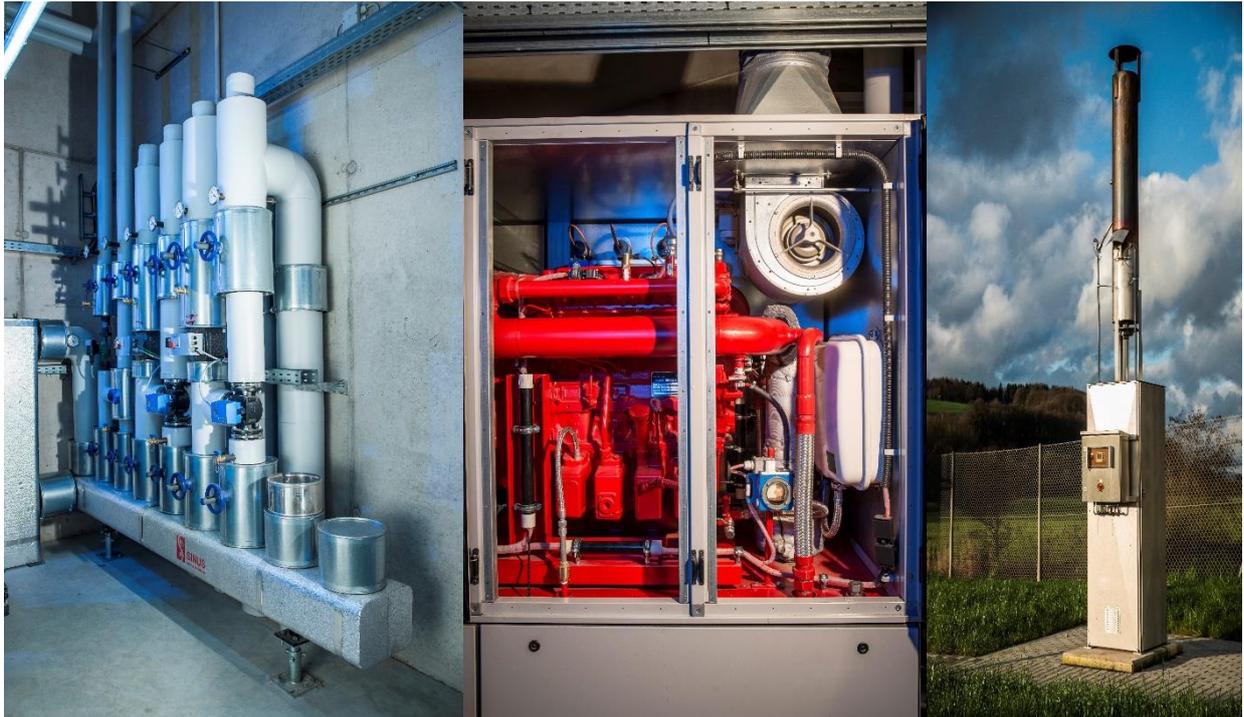


Abb. 2-12: Heizungsverteilung, BHKW und Notfackel, (Fotos Stadtwerke Schlitz)



Abb. 2-13: Wärmetauscher zur Einbringung von Abwärme aus dem BHKW zur Optimierung der solaren Klärschlamm-trocknung, (Foto Stadtwerke Schlitz)

### Technische Daten für die GTK 50 K, Kraftstoff Klärgas

Technische Daten Antriebsmotor		
Fabrikat		M A N
Motortyp		E 0834 LE 302
Verbrennungsverfahren		Gas-Otto Turbo LLK
Arbeitsweise		4- Takt
Zylinderzahl		4 Reihe
Hubraum		4,58 l
mittl. effektiver Druck		11,9 bar
mittl. Kolbengeschwindigkeit		6,3 m/s
Drehzahl		1.500 U/min.
Iso Standardleistung	nicht überlastbar	54 kW
Spez. Vollastverbrauch	Toleranz 5%	2,7 kW/kW <sub>mech.</sub>
Gasverbrauch	z.B. bei Hi=6,5kWh/m <sup>3</sup>	22,5 Nm <sup>3</sup> /h
Schmierölverbrauch	bis zu	0,1 kg/h
Schmierölmenge Ölwanne		25 l
Schmierölmenge Ölvorratsbehälter		67 l
Verdichtungsverhältnis		13 : 1
Bohrung x Hub		108 x 125
Verbrennungsluftmenge		210 m <sup>3</sup> /h
Motorgewicht	ca.	485 kg

Technische Daten Synchrongenerator	
Fabrikat	Marelli
Typ	MJB 225 MA/4
Wirkungsgrad bei Nennleistung Cos-Phi 1	93,2 %
Nennstrom	80 A
Max. zulässige Lastzuschaltung	40 A
Ständerschaltung	Stern
Umgebungstemperatur max.	40 °C
Spannung / Frequenz	400 V / 50 Hz
Leistung	105 KVA
Drehzahl	1500 U/min.
Schutzart	IP 23
Zeitkonstanten	
Offener Stromkreis transient T'd'o	0,95 sek
Kurzgeschlossener Stromkreis transient T'd	0,078 sek
Kurzgeschlossener Stromkreis subtransient T'd	0,006 sek
Mit kurzgeschlossenem Feld Ta	0,006 sek
Absicherung NSHV	100 A
Der Generator ist mit einer Glocke und einer Kupplung mit dem Antriebsmotor verbunden	

Wärmetauschereinheit Motorkühlung		Ladeluftkühlung	
Wärmeleistung Kühlwasser	Toleranz 5%	44 kW	6 kW
Durchflussmenge Kühlwasser		7,4 m <sup>3</sup> /h	über Lufterhitzer abzuführen
Kühlwassertemperatur Eintritt / Austritt		85 / 79 °C	
Heizwassertemperatur Eintritt / Austritt		70 / 83 °C	
Werkstoff Plattenwärmetauscher		Edelstahl 1.4401	
Separater Kühlwasserkreislauf mit Umwälzpumpe, Ausdehnungsgefäß, Druckmanometer, Druckschalter, Sicherheitsventil			

Abgaswärmetauscher			
Wärmeleistung	Toleranz 5%	27 kW	
Abgastemperatur Eintritt, Austritt		ca. 570 °C / 180 °C	
Heizwassertemperatur Eintritt / Austritt		83 / 90 °C	
Abgasmassenstrom		370 kg/h	
Abgasvolumenstrom		301 Nm <sup>3</sup> /h	
Druckverlust abgasseitig Modulintern		< 10 mbar	
Max. Druckverlust für bauseitiges Abgassystem		15 mbar	
Werkstoff Rohrbündelwärmetauscher		Edelstahl 1.4571	

Abb. 2-14: Datenblatt BHKW, Fa. Kuntschar u. Schlüter GmbH, Typ GTK 50K, Teil 1

<b>Kraftstoff, Abgasemissionswerte</b>		
Gasqualität (nach MAN Datenblatt – Mindestanforderung an die Gasqualität für MAN Gasmotoren)		Klärgas 60%-CH <sub>4</sub> , 40%-CO <sub>2</sub>
Gas-Anschlussdruck		25-60 mbar
Abgasreinigungssystem		Mager Mix Motor
Schadstoffemissionen	NO <sub>x</sub> -Gehalt	< 500 mg/Nm <sup>3</sup> (gemessen als NO <sub>2</sub> )
	CO-Gehalt	< 1.000 mg/Nm <sup>3</sup>
	Formaldehyd CH <sub>2</sub> O	< 60 mg/Nm <sup>3</sup>
Abgas Schalldruckpegel $\zeta_{pa1m}$	nach Modul	65 dB(A)
mit optionalen Schalldämpfer $\zeta_{pa1m}$		45 dB(A)

<b>Wärmeerzeugung</b>		
Warmwasser Temperaturniveau		70 / 90 °C
Rücklauftemperatur vor Modul	min. / max.	60 / 70 °C
Standard Temperaturdifferenz	Rücklauf / Vorlauf	20 K
Wasserinhalt		65 l
Heizwasser Volumenstrom		3,7 m <sup>3</sup> /h
Druckverlust Heizwasser		250 mbar
Betriebsdruck max.		4 bar
Aufstellraum belüftung	Zuluft-Volumenstrom	2.610 m <sup>3</sup> /h
	Abluft-Volumenstrom	2.400 m <sup>3</sup> /h
Zuluft Temperatur	min. / max.	10 / 27 °C
Strahlungswärme Modul		10 kW
Pressung des Abluftventilator		150 Pa

<b>Abmessungen mit Schalldämmhaube</b>		
Länge / Breite / Höhe		2.440 / 1.083 / 1.915 mm
Rahmenmaß	größtes Einzelteil	2.540 / 1.017 / 800 mm
Einbringmaß		2.640 / 1.183 / 1.965 mm
Abgasanschluss		DN 100 / PN 10
Kondensat	an Kugelhahn	Rp 1" iG
Kraftstoffanschluss	an Gasregelstrecke	Rp 1 1/2" iG
Heizungsanschluss		DN 40 / PN 6
Luftanschluss	Zuluft	167 x 981 mm
	Abluft	338 x 338 mm
Leergewicht / Betriebsgewicht	ca.	2.100 / 2.200 kg
Farbe Motor, Generator		Verkehrsrot (RAL 3020)
Farbe Schalldämmhaube		Weißaluminium (RAL 9006)
Schalldruckpegel $\zeta_{pa1m}$	ohne Innendämmung	68,4 dB(A)
	mit Innendämmung	60,1 dB(A)
Schalldruckpegel Abluftöffnung $\zeta_{pa1m}$		60,0 dB(A)

<b>Gesamtleistung des Aggregates</b>			
	100 %	75 %	50 %
elektrische Dauerleistung	50 kW	38 kW	25 kW
thermische Leistung (Toleranz 5%)	71 kW	55 kW	36 kW
Energieeinsatz Vollast (Hi) (Toleranz 5%)	146 kW	113 kW	76 kW
<b>Wirkungsgrade</b>			
Elektrischer Wirkungsgrad	34,2 %	33,6 %	32,9 %
Thermischer Wirkungsgrad	48,6 %	48,7 %	47,4 %
Gesamtwirkungsgrad	82,8 %	82,3 %	80,3 %
Stromkennzahl	0,64		
Elektrischer Eigenbedarf*	1,132 kW		
Primärenergieeinsparung gem. Richtlinie 2004/8/EG	39,6 %		

Die technischen Daten sind bezogen auf Gasgemisch mit einem Heizwert von 8,5 kWh/Nm<sup>3</sup> und einer Methanzahl von >100

Stand 02.2015

Die technischen Daten sind auf Normbedingungen gemäß DIN ISO 3046-1 angegeben

Normbedingungen: Luftdruck absolut: 100 kPa oder 100 m. ü. NN

Lufttemperatur: 25 °C

Relative Luftfeuchtigkeit: 30 %

Leistungsanpassung bei Umgebungsbedingungen gemäß DIN ISO 3046-1

\*Kühlwasserpumpe, Heizpumpe, Abluftventilator, Spannungsversorgung

Kuntschar u. Schlüter GmbH Ein Unternehmen der WOLF Gruppe • [www.kuntschar-schlueter.de](http://www.kuntschar-schlueter.de)

Abb. 2-15: Datenblatt BHKW, Fa. Kuntschar u. Schlüter GmbH, Typ GTK 50K, Teil 2

## **2.3 Klärschlammverwertung im Verbund sowie der Verwertung von Co-Substraten u.a. von Korn- und Obstschlempen der Schlitzer Destillerie GmbH**

### **2.3.1 Grundsätzliche Erläuterungen**

Ein wesentlicher Aspekt des bei den Stadtwerken Schlitz realisierten Konzeptes ist die interkommunale Kooperation mit benachbarten Gemeinden zur gemeinsamen Klärschlammverwertung mit dem Ziel, durch Mitbehandlung angelieferter Klärschlämme in der Faulung den Faulgasanfall und damit das eigene Energieangebot zur Eigenversorgung mit Strom und Wärme zu erhöhen. Ergänzend werden zudem Schlempen aus der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH angenommen und in der Regel direkt dem Faulbehälter zugeführt. Im Einzelnen besteht dieses Konzept aus folgenden Bausteinen:

- Realisierung eines Klärschlamm-Verbundkonzepts über das Instrument einer „Öffentlich-rechtlichen Vereinbarung“ mit benachbarten kommunalen Kläranlagenbetreibern, den Marktgemeinden Niederaula und Burghaun, und in Kooperation mit der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH
- Realisierung eines Klärschlammverwertungskonzepts im Verbund mit anderen Kläranlagenbetreibern
- Annahme der hoch energiereichen Korn- und Obstschlempen der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH sowie weiterer Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie als sogenanntes Co-Substrat
- gemeinsame Vergärung der eigenen Klärschlämme mit den externen Fremdschlämmen und den Co-Substraten im Faulbehälter
- gemeinsame Klärgasnutzung als Energiequelle zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung
- gemeinsame Klärschlamm-trocknung in der bestehenden Solartrocknungsanlage
- gemeinsame Verwertung / Entsorgung der endbehandelten Klärschlammprodukte



Abb. 2-16: Klärschlammverwertung im Verbund mit den Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun, Entfernungen

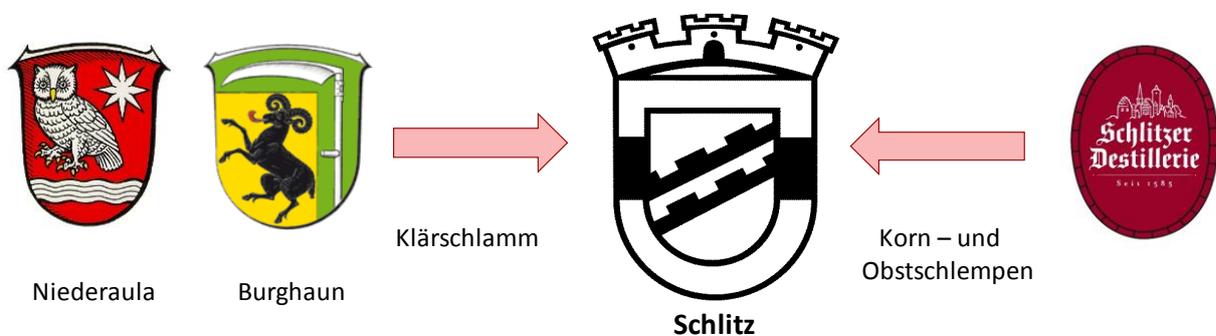


Abb. 2-17: Klärschlammverwertung im Verbund mit den Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun sowie Annahme von Schlempen der Schlitzer Destillerie

### 2.3.2 Verträge Klärschlammverwertungsverbund

Bei der Herleitung der vertraglichen Grundlagen für die Annahme der externen Schlämme und Co-Substrate mussten einige politische wie juristische Hürden überwunden werden. Diese hier gesammelten Erfahrungen können in anderen Strukturen nunmehr direkt angewendet werden. Die Akquisition kommunaler Fremdschlämme aus benachbarten Kommunen gestaltete sich jedoch mitunter etwas zäh.

Weitestgehend beruhten die Probleme auf der Umsetzung der Verträge zur interkommunalen Zusammenarbeit und der damit verbundenen Definition der Schnittstellen bis hin zur vertraglichen Konzeption im Zuge einer Verwaltungsvereinbarung.

Obleich im Vorfeld des Projektes (zum Zeitpunkt der Antragstellung) von einigen Nachbar-Kommunen eine Bereitschaft signalisiert wurde, sich an diesem Projekt zu beteiligen, ergaben sich bei konkreten Verhandlungen doch einige Diskussionspunkte, welche es galt in einem Zeitraum von ca. 1 ½ Jahres abzarbeiten, um den gewünschten Erfolg der interkommunalen Zusammenarbeit zu erzielen.

Als Empfehlung gilt hier für zukünftige ähnliche Verfahren, dass im Vorfeld sehr transparent mit allen Beteiligten über mögliche Beteiligungskosten und Behandlungskosten gesprochen werden muss. Parallel ist es eminent, dass sich der Betreiber der annehmenden Kläranlage frühzeitig Gedanken macht, welche betrieblichen Aufwendungen und Kosten für die hier betroffene Teilstrombehandlung des Zentratwassers und die Klärschlammbehandlung entstehen.

Andockend an diese vorher gemachten Erkenntnisse können dann relativ schnell und einfach die Gespräche für eine interkommunale Zusammenarbeit geführt werden.

In den einzelnen Verträgen zwischen den Kommunen und den Stadtwerken Schlitz wurden unter anderem folgende Aspekte individuell festgelegt (siehe auch Anhänge A5 bis A8):

- Klärschlammvorbehandlungsverfahren bei den jeweiligen Partnerkommunen
- Verfahrensanpassungen im Kläranlagenbetrieb der liefernden Kommunen
- Transportlogistik
- Analytik einer jeden Transportcharge als Abrechnungsgrundlage

Die finale Ausarbeitung der öffentlich-rechtlichen Vereinbarungen sowie deren Ratifizierung über die kommunalen Gremien nahm ebenfalls einen großen Zeitraum (mehrere Monate) ein.

Die Verträge des Klärschlammverbundes sind als Öffentlich-Rechtliche Vereinbarungen zwischen der Stadt Schlitz und der Marktgemeinde Burghaun (Kläranlagen Burghaun und Langenschwarz) sowie der Gemeinde Niederaula (Kläranlage Niederaula) gemäß § 24, Abs. 1 und 2, des Gesetzes über kommunale Gemeinschaftsarbeit (KGG) vom 16.12.1969 (GVBI I. S. 307), zuletzt geändert durch Gesetz vom 13.12.20122 (GVBI I S. 622 ff.) abgeschlossen worden.

Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass die 3 Gemeinden 3 verschiedenen Landkreisen zugeordnet sind (Schlitz: Vogelsbergkreis, Niederaula: Landkreis Hersfeld-Rotenburg, Burghaun: Kreis Fulda).

Wesentliche Vertragsinhalte sind:

- Übertragung der Entsorgung der Klärschlämme auf die Stadt Schlitz inkl. Beachtung aller wasser- und abfallrechtlichen Rechtsvorschriften, Genehmigungen, Erlaubnisse, Auflagen, Bedingungen, behördlichen Anordnungen

- Festlegung der Behandlungsschritte auf der Kläranlage Schlitz:
  1. Speicherung
  2. Eindickung
  3. Anaerobe Stabilisierung
  4. Entwässerung
  5. Behandlung des anfallenden Zentratwassers
  6. Solare Klärschlamm-trocknung je nach Witterung, mindestens aber 6 Monate/Jahr
  7. Entsorgung der entwässerten bzw. getrockneten Klärschlämme
- Der zu behandelnde Klärschlamm soll folgende Eigenschaften haben:
  - nur bedingt aerob stabilisiert
  - voreingedickt, mind. 1,5 %, max. 5 % TS
- Die liefernden Kläranlagen sollen verfahrenstechnische Umstellungen vornehmen, um den Gasertrag möglichst auf 400 – 480 NI / kg oTR zu erhöhen.
- jährliche und täglich maximale Annahmemenge
  - Burghaun: 5.000 m<sup>3</sup>/a, max. 140 m<sup>3</sup>/d
  - Langenschwarz: 1.500 m<sup>3</sup>/a, max. 28 – 56 m<sup>3</sup>/d
  - Niederaula: 2.500 m<sup>3</sup>/a, max. 50 – 90 m<sup>3</sup>/d
- Beprobung und Analytik im gesetzlich vorgeschriebenen und zum ordnungsgemäßen Betrieb der Kläranlage notwendigen Umfang durch die liefernde Gemeinde
- Möglichkeit der Unterbrechung der Annahme bei Betriebsstörungen auf der Kläranlage Schlitz bis zu einer Dauer von max. 1 Woche
- Entgeltregelungen für die Behandlung sowie die Entsorgung in €/t nach folgender Formel  
Entsorgungskosten (€/m<sup>3</sup>) = Input-TR (%) / Output-TR (%) \* 61,68 €/t  
(Kalkulationspreis der Stadtwerke Schlitz)  
Input-TR entsprechend des angelieferten Klärschlammes  
Output-TR nach Trocknung (i.d.R. 75 %)
- Regelungen zur Anpassung der Entgelte

### 2.3.3 Akquisition weiterer Co-Substrate

Mit Datum 21.12.2016 beantragten die Stadtwerke Schlitz zudem weitere Co-Substrate in der Faulung der Kläranlage energetisch zu verwerten. Der Antrag wurde am 27.01.2017 durch die Unter Wasserbehörde des Vogelsbergkreises für folgende Mengen genehmigt.

- Abfälle aus der Alkoholdestillation (Schlempen): bis zu 800 m<sup>3</sup>/a
- Speisefett- und Ölmischungen aus Fett- und Ölabscheidern bis zu 1.250 m<sup>3</sup>/a
- Back- und Süßwaren bis zu 350 m<sup>3</sup>/a

Die Akquisition von Co-Substraten wie Abfälle aus der Alkoholdestillation in Form der Obst- und Getreideschlempen der ortsansässigen Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH (Abfallschlüssel-Nummer 02 07 02) sowie Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern in Form von Speiseresten (Abfallschlüssel-Nummer 19 08 09) und Back- und Süßwaren (Abfallschlüssel-

Nummer 02 06 01) waren dem Grund nach völlig unproblematisch. Die Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei suchte 2015 einen neuen Abnehmer für ihre Schlempen, da die Verbringung in die Landwirtschaft ohne eine Zertifizierung des Unternehmens nicht mehr zulässig war. Einem in der Kreisstadt Lauterbach ansässigen Entsorgungsunternehmen kam die räumlich nahe gelegene Entsorgungsstelle "Kläranlage Schlitz-Hutzdorf" für ihre Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern in Bezug auf kurze Transportwege sehr entgegen.

Wesentliche Vertragsinhalte mit der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH sind:

- Beauftragung der Verwertung und Entsorgung der Korn- und Obstschlempen an die Stadt Schlitz inkl. Beachtung aller wasser- und abfallrechtlicher Rechtsvorschriften, Genehmigungen, Erlaubnisse, Auflagen, Bedingungen, behördliche Anordnungen
- Festlegung der Behandlungsschritte auf der Kläranlage Schlitz:
  1. Speicherung
  2. Vergärung im Faulbehälter
- Die Schlempen werden als Dünnschlempen angeliefert.
- tägliche maximale Annahmemenge: 10 m<sup>3</sup>/d
- Beprobung und Analytik sind nicht geregelt.
- Möglichkeit der Unterbrechung der Annahme bei Betriebsstörungen auf der Kläranlage Schlitz bis zu einer Dauer von max. 1 Woche
- Entgeltregelungen für die Behandlung: 3,50 €/m<sup>3</sup>
- Regelungen zur Anpassung der Entgelte
- Vertragslaufzeit 15 Jahre

## 2.4 Behördliche Anforderungen

Im Rahmen der Bearbeitung des hier vorliegenden Projektes ergaben sich keine zusätzlichen behördlichen Auflagen, die außerhalb der üblichen Baugenehmigungsstrukturen liegen. Alle üblichen „normalen“ Vorschriften mussten eingehalten werden.

Für die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf gelten entsprechend des Erlaubnisbescheids des Vogelsbergkreises vom 04.03.2004 folgende Überwachungswerte zur Einleitung des gereinigten Abwassers in den Vorfluter (Fulda):

- BSB <sub>5</sub>	15 mg/l	
- CSB	70 mg/l	
- NH <sub>4</sub> -N	8 mg/l	bei T ≥ 12 °C
- N <sub>ges,anorg.</sub>	9,6 mg/l	bei T ≥ 12 °C
- P <sub>ges</sub>	2 mg/l	(siehe unten)
- Absetzbare Stoffe	0,15 ml/l	
- pH	6,5 – 8,5	

Aufgrund des Maßnahmenprogramms 2015 – 2021 zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen werden mit Wirkung vom 01.08.2017 erhöhte Anforderungen in Bezug auf die Phosphor-Ablaufwerte gestellt:

- $P_{\text{ges}}$  (2 h-Probe) Überwachungswert: 0,7 mg/l
- Arithm. Monatsmittel  $P_{\text{ges}}$  (24h-Probe) der Eigenkontrolle: 0,5 mg/l
- Grenzwert für ortho-Phosphat-P (24-h-Probe): 0,2 mg/l

Aktuell werden Versuche mit einer 2-Punktfällung durchgeführt, ob und wie die oben genannten zukünftigen Phosphor-Grenzwerte eingehalten werden können.

In Bezug auf die Fremdschlammannahme und die Annahme von Co-Substraten wurde die Arbeitshilfe „Co-Vergärung organischer Materialien in Faulbehältern von kommunalen Abwasseranlagen“ des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz mit Stand vom 10.09.2009 beachtet.

Als wesentliche Auflage / Änderung gegenüber der bisherigen wasserrechtlichen Erlaubnis formulierte die Untere Wasserbehörde mit Bescheid vom 27.01.2017, dass „eine landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes nicht zulässig“ sei. Als Begründung formuliert die Untere Wasserbehörde, dass die anzunehmenden Back- und Süßwaren nicht in der Positivliste des Anhangs 2 der Arbeitshilfe Co-Vergärung organischer Materialien in Faulbehältern von kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen“ des Hess. Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV, 2009) aufgeführt sind.

Eine Entsorgung in der Verbrennung ist damit obligatorisch.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten auf der Kläranlage Schlitz**

### **2.5.1 Online-Betriebsdatenerfassung**

Sämtliche das Projekt betreffende Betriebsdaten wie z.B. Zu- und Ablaufwerte, Abwassermengen, Reststoffmengen, erzeugte Energie im BHKW, Gasanfall, Gasverbrauch, Temperatur im Faulbehälter usw. werden in der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) und dem Leitsystem der Kläranlage gespeichert.

Alle relevanten Betriebsdaten werden im Betriebstagebuch dokumentiert, aufbereitet und zur Betriebsführung herangezogen.

Tab. 2-8: Auflistung der durch das Prozessleitsystem online aufgezeichneten Daten

<b>Allgemein</b>	<b>Belebungsbecken (Online-Messungen)</b>
Wetterschlüssel	Sauerstoffgehalt
Anzahl Tage Trockenwetter	Ammonium
Wetterstation Niederschlagimpuls 0,1mm	Nitrat
Windgeschwindigkeit	Phosphat
Windrichtung	TS Belebung
Temperatur Außen	
<b>Zulauf</b>	<b>Ablauf</b>
Zulauf KA Durchfluss Vorklärung VK-F1	Ablauf KA Durchfluss
Füllstand Pumpwerk	Temperatur
pH-Wert	pH-Wert
Abschlagsmenge RÜB	Leitfähigkeit
	Sauerstoffgehalt
<b>Schlamm Messungen</b>	<b>Laufzeiten</b>
Primärschlamm Durchfluss	Gebläse 1 FU Betrieb
Rücklaufschlamm Durchfluss	Gebläse 2 FU Betrieb
Rücklaufschlamm TS	Gebläse 3 Betrieb
Überschussschlamm Durchfluss	Gebläse Nr.4 Grundzufuhr Betrieb
Dünnschlamm (Zulauf ÜS-Eindicker) Durchfluss	Überschussschlammpumpe FU Betrieb
Dickschlamm (Ablauf ÜS-Eindicker) Durchfluss	
Voreindicker Füllstand	
Schlammbehälter Füllstand	
Filtratschacht Füllstand	
Zähler Dünnschlamm-IDM	
Zähler Flockmittel-IDM	

### 2.5.2 Analysendaten

Neben den durch die Messwertaufnehmer online erfassten Daten werden verschiedene Parameter durch Probenahmen und anschließende chemische Analysen im Labor der Kläranlage Schlitz erhoben.

Tab. 2-9: Auflistung der durch das Personal der Stadtwerke analysierten Daten mit Häufigkeit der Analyse

Probenahmeort	Parameter	Häufigkeit	Analyseverfahren
Zulauf (Ablauf Sandfang)	abs.Stoffe	wöchentlich	nach DIN 38408 - H9
	BSB <sub>5</sub>	wöchentlich	Oxi – Top
	CSB	wöchentlich	Küvettentest
	NH <sub>4</sub> -N	wöchentlich	Küvettentest
	NO <sub>3</sub> -N	wöchentlich	Küvettentest
	NO <sub>2</sub> -N	wöchentlich	Küvettentest
	N <sub>ges</sub>	wöchentlich	errechnet
	TN <sub>b</sub>	wöchentlich	Küvettentest
	P <sub>ges</sub>	wöchentlich	Küvettentest
	Kjeldahl-N	wöchentlich	errechnet
Ablauf Vorklärung	keine Analysen durch Betriebspersonal		
Belebungsbecken	Schlammvolumen	täglich	
	Trockensubstanz	wöchentlich	
	Glühverlust	wöchentlich	
	Nachklärung Sichttiefe	täglich	
Ablauf	abs.Stoffe	wöchentlich	nach DIN 38408 - H9
	BSB <sub>5</sub>	wöchentlich	Oxi – Top
	CSB	wöchentlich	Küvettentest
	NH <sub>4</sub> -N	2 mal wöchentlich	Küvettentest
	NO <sub>3</sub> -N	2 mal wöchentlich	Küvettentest
	NO <sub>2</sub> -N	2 mal wöchentlich	Küvettentest
	N <sub>ges</sub>	2 mal wöchentlich	errechnet
	TN <sub>b</sub>	2 mal wöchentlich	Küvettentest
	P <sub>ges</sub>	2 mal wöchentlich	Küvettentest
	Kjeldahl-N	2 mal wöchentlich	errechnet
Überschussschlamm	Trockensubstanz	2 mal monatlich	
	Glühverlust	2 mal monatlich	
Fremdschlämme	Trockensubstanz	bei Anlieferung	
	Glühverlust	bei Anlieferung	
Co-Substrate	Trockensubstanz	bei Anlieferung	
	Glühverlust	bei Anlieferung	
Faulschlamm	Trockensubstanz	4 mal jährlich	
	Glühverlust	4 mal jährlich	
entwässerter Schlamm	keine Analysen durch Betriebspersonal		
getrockneter Schlamm	keine Analysen durch Betriebspersonal		
Faulgas	CH <sub>4</sub> -Gehalt	2 mal wöchentlich	
	CO <sub>2</sub> -Gehalt	2 mal wöchentlich	
	H <sub>2</sub> S-Gehalt	2 mal wöchentlich	
	H <sub>2</sub> -Gehalt	2 mal wöchentlich	

## 2.6 Messprogramm

Mit dem Messprogramm soll der Erfolg der energetischen Optimierung der Kläranlage dokumentiert und dargestellt werden, dass sich durch die Maßnahmen die Ablaufwerte/die Reinigungsleistung der Kläranlage nicht verschlechtern haben.

Das Umweltbundesamt UBA hat dazu die Parameter und Anforderungen, die bei allen Projekten im Rahmen des Erfolgs-Messprogramms gemessen werden sollen, zusammengestellt.

Zusammengefasst wurden seitens des UBA folgende Anforderungen gestellt:

1. Durchführung eines Haupt-Messprogramms mit 24-h-Mischproben in angemessenen Abständen.
2. Durchführung eines Messprogramms zur Ermittlung von Tagesganglinien durch 2-Std.-Mischproben an jeweils 2 Tagen außerhalb und während des Kampagnenbetriebs.

Die Analysen des Hauptmessprogramms, die in „angemessenen Abständen“, um den jahreszeitlichen Verlauf der Zulauf- und Ablaufwerte zu dokumentieren, gemessen werden sollen, sind in der nachstehenden Tab. 2-10 zusammengestellt.

Tab. 2-10: Messprogramm lt. Anforderung des Umweltbundesamtes

Parameter	Wo zu messen	Probenahme
TOC	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
CSB	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
BSB <sub>5</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
TN <sub>b</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
N <sub>ges.</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
NH <sub>4</sub> -N	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
NO <sub>3</sub> -N	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
P <sub>ges.</sub> (mit ICP)	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert
PO <sub>4</sub> -P	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mittelwert

Um die in der Energieanalyse geforderte Nachrechnung der Kläranlage durchführen zu können und aussagefähige Ergebnisse zu erhalten, wurden zusätzlich Feststoffe im Zulauf (abfiltrierbare Stoffe abf. St.) beprobt.

Nach Rücksprache mit Herrn Fricke, UBA, ist der genannte „angemessene Abstand“ wie folgt zu verstehen:

- Pro Monat wird je eine 1-wöchige Messkampagne mit täglich einer 24-h-Mischprobe von Zu- und Ablauf durchgeführt.

Um diese 1-wöchigen Messkampagnen durchzuführen, wurden die Proben durch automatische Probenehmer erhoben, die pro Tag (24 h) 12 \* durchflussproportionale 2-h-Einzelproben ziehen. Diese 2-h-Einzelproben wurden dann durch das Personal der Stadtwerke Schlitz zu einer 24-h-Mischprobe vereinigt. Die 24-h-Mischprobe wurden dann auf dem Gelände der Kläranlage für einige Tage gekühlt zwischengelagert.

Die Zulauf-Probe wurde nach dem Rechen und Sandfang gezogen, um Probleme bei der Probenahme mit Feststoffen zu minimieren. Die Ablaufprobe wurde direkt mit dem auf der Anlage installierten Ablaufprobenehmer an der behördlichen Messstelle gezogen.

Neben den o.g. 24-Std.-Mischproben wurden in zwei verschiedenen Wochen jeweils an 2 Tagen die Tagesganglinien durch 2-Std.-Mischproben ermittelt.

In diesem Messprogramm zur Ermittlung der Tagesganglinien wurde auf die Analytik des  $BSB_5$  sowie des  $TN_b$  verzichtet.

In dem Zeitraum der Bestimmung von Tages-Ganglinien wurde kein Wochen-Messprogramm (siehe oben) durchgeführt). Die Tageswerte wurden aus den 2-h-Proben ermittelt.

Mit dem Haupt-Messprogramm sowie dem Messprogramm Tagesganglinien wurden 2 Abwasserströme, die wesentlich für das in Schlitz realisierte Konzept sind, ermittelt. In Abstimmung mit Herrn Fricke, UBA, wurden in einem Zeitrahmen von 3 Monaten folgende weitere Aspekte analytisch untersucht:

- die Wirkungsgrade der Vorklärung durch zusätzliche Beprobung des Ablaufes der Vorklärung, jeweils über einen Zeitraum von 1 Woche pro Monat 24-h-Mischproben,
- die Rückbelastung der Kläranlage mit Schlammwasser.

Die Zusammensetzung des Schlammwassers aus der Überschussschlammeindickung, dem Nacheindicker sowie der Schlammmentwässerung hat sich bedingt durch die Verfahrensumstellung von aerob auf anaerobe Stabilisierung deutlich verändert. Die Rückbelastung insbesondere in Bezug auf die Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen ist angestiegen, was in Bezug auf den Betrieb der biologischen Stufe berücksichtigt werden muss.

Nach Rücksprache mit der Ingenieurgesellschaft Müller IGM wurden die Massenströme des Schlammwassers kontinuierlich über MID gemessen (und damit von den Stadtwerken Schlitz bereitgestellt), so dass für eine Frachtenbetrachtung die Konzentrationen erforderlich waren.

Im Rahmen des Messprogramms wurde diese Rückbelastung in Form von Stichproben gemessen.

Das Hauptmessprogramm sowie das Messprogramm zur Ermittlung der Wirkungsgrade der Vorklärung sind in der Tab. 2-11 dargestellt.

Tab. 2-11: Messprogramm durchgeführter Probenahmeplan lt. Anforderung des Umweltbundesamtes

<b>Probennahmeplan KA Schlitz</b>														
Pos. 1+3: Hauptmessprogramm Wochenganglinien, 24-h-Mischproben des Zulaufs und Ablaufs der Kläranlage, sowie an 3 Monaten des Ablaufs Vorklärung														
Pos. 2: Messprogramm Tagesganglinien 2-h-Mischproben Zulauf und Ablauf Kläranlage, 2 Tage ohne Co-Substrate, 2 Tage mit Co-Substraten														
Monat	KW	Datum	Probenart	Ort	TOC	CSB <sub>nom</sub>	BSB <sub>5</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>	PO <sub>4</sub> -P	abfilt. Stoffe
Jan 16	1	07. Jan	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14. Jan	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Feb 16	5	04. Feb	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		11. Feb	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Mrz 16	11	17. Mrz	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		24. Mrz	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Apr 16		21. Apr	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		28. Aug	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Mai 16	15	12. Mai	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	6	0	6	6	0	0	6	0	6
		19. Mai	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Jun 16	19	09. Jun	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		16. Jun	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Jul 16	27	07. Jul	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14. Jul	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Aug 16	33	18. Aug	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		25. Aug	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Sep 16	38	21. Sep	2h MP	ZU KLA	36	36	7	7	36	36	36	36	36	36
		und	2h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	39	28. Sep	2h MP	AB KLA	36	36	7	7	36	36	36	36	36	0
Okt 16	41	10. Okt	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		44	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Nov 16	46	16. Nov	2h MP	ZU KLA	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
		und	2h MP	AB VKB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	23. Nov	2h MP	AB KLA	36	36	36	36	36	36	36	36	36	0
Dez 16	49	08. Dez	24h MP	ZU KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		bis	24h MP	AB VKB	0	8	0	8	6	0	0	8	0	8
		15. Dez	24h MP	AB KLA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
<b>Summe Pos. 1 - 3</b>					<b>291</b>	<b>305</b>	<b>233</b>	<b>247</b>	<b>303</b>	<b>291</b>	<b>291</b>	<b>305</b>	<b>291</b>	<b>170</b>

## 2.7 Strommessungen

Über das Prozessleitsystem werden der Gesamtstromverbrauch, die Stromverbräuche einzelner Baugruppen sowie die Stromproduktion des Blockheizkraftwerkes kontinuierlich angezeigt und archiviert.

Tab. 2-12: Anzeigen und Archivierung des Stromverbrauchs (kWh) sowie der Leistung (kW) einzelner Baugruppen sowie des BHKW und der Faulgasmenge im Prozessleitsystem

Energie	
Stromverbrauch (kWh)	Leistung (kW) (Socomec-Messungen)
gesamt	Einspeisung Trafo Leistung
Hochtarif	
Niedrigtarif	
Zulauf (Sammelmessung)	Zulauf
Rechen-Sandfang-Anlage	Rechen-Sandfang-Anlage
Gebläsestation	Gebläsestation
Schlammwässerung (Störung in 2016)	Schlammwässerung (Störung in 2016)
Pumpwerk Sandlofs	Pumpwerk Sandlofs
Faulgasmenge (m <sup>3</sup> /h)	BHKW
GA-F1 Gas-Durchfluss Anfall	Wirkleistung (kW gesamt)
GA-F2 Gas-Durchfluss Verbrauch	Blindleistung (kVA)

Ein Vergleich der im Betriebstagebuch dokumentierten Werte (siehe Tab. 2-12) ergibt aber, dass sich entweder die dort aufgeführte Leistung als Quotient aus jeweiligem Stromverbrauch und 24h/d oder der Stromverbrauch als Produkt aus Leistung und 24 h/d ergibt. Insofern ist nicht klar ersichtlich, welche Werte jetzt gemessen und welche Werte errechnet sind.

Ergänzend wurden Strommessungen / Leistungsmessungen an einzelnen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen durchgeführt, um die für die Energieanalyse erforderlichen Daten zu erheben (siehe Tab. 2-13).

Die Strommessungen erfolgten durch die Stadtwerke Schlitz mit Messgeräten der Fa. Chauvin Arnoux, Modell C.A 8335.

Weiterhin lagen die Laufzeiten der wesentlichen Aggregate der Kläranlage Schlitz vor.

Der Vergleich der im Oktober / November 2016 durchgeführten Strommessungen mit den im Prozessleitsystem aufgenommenen Stromverbräuchen ergab zum Teil erhebliche Abweichungen:

Zulaufpumpwerk (Messung am 08.11.2016),  $Q = 3.028 \text{ m}^3/\text{d}$

- Prozessleitsystem: 134,0 kWh/d
- Detail-Messungen: 122,4 kWh/d

Gebläsestation (Messung vom 10.-16.10.),  $B_{d,CSB} = \text{i.M. } 945 \text{ kg/d}$

- Prozessleitsystem: 502,4 kWh/d
- Detail-Messungen: 411,5 kWh/d

Nachfolgend werden die Daten der im Oktober / November 2016 durchgeführten Strommessungen für die weiteren Analysen herangezogen. Diese Daten wurden auf die jeweils spezifischen Belastungswerte im Messzeitraum (z.B. geförderte Wasser- oder Schlamm-mengen, Schmutzfrachten etc.) bezogen und auf die Jahreswerte hochgerechnet.

Tab. 2-13: Durchgeführte Strommessungen als Basis für die Energieanalyse

Aggregat / Gruppe	Messungsdauer	Messzeitraum
Gebläse 1 und 2	1 Woche	10. bis 17.10.16
Gebläse 3 und 4	Kurzzeitmessung 1 Std.	10.10.16
Rücklaufschlamm-pumpen	1 Woche	06. bis 13.07.17
Rührwerk Belebungsbecken	Kurzzeitmessung 1 Std.	10.10.16
Räumerbrücke Belebungsbecken	Kurzzeitmessung 1 Std.	10.10.16
Online-Messung Belebungsbecken	1 Tag	12. bis 13.12.16
Rührwerk Faulbehälter	Kurzzeitmessung 1 Std.	11.10.16
Gebläse Sandfang	Kurzzeitmessung 1 Std.	24.10.16
Vorklärbecken-Räumer	Kurzzeitmessung 1 Std.	25.01.17
Rührwerk Nacheindicker	Kurzzeitmessung 1 Std.	10.10.16
Rührwerk Schlammbehälter	Kurzzeitmessung 1 Std.	11.10.16
Überschussschlamm-pumpen (2 Pumpen)	1 Tag	17.10.16, 0-24 h
Heizschlamm-pumpen (Umwälzpumpen) (2 Pumpen)	1 Tag	11.10.16, 0-24 h 18.10.16, 0-24h
Schlamm-entwässerung (Dekanter, Polymerstation)	Messung muss im Nachhinein verworfen werden, da das verwendete Messgerät defekt war	17.-24.10.16
Schlamm-trocknung (Thermo-System)		
Fördertechnik Schlamm-entwässerung		
Aggregategruppe Rechenanlage / Rechengebäude (bis auf Rechen RW)	1 Tag	22.10.16, 0-24 h
ÜSS-Voreindickung	1 Tag	05.11.16, 0-24 h
Zulaufpumpen 1 + 2 Trockenwetter	1 Tag	08.11.16, 0-24 h
Zulaufpumpen 3 + 4 Regenwetter	Kurzzeitmessung 1 Std.	04.11.16
Primärschlamm-pumpen	1 Tag	14.10.16, 0-24 h

## **3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerrichtung**

### **3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung**

Grundsätzlich ist das Projekt so realisiert worden, wie es planerisch beantragt und genehmigt wurde. Alle relevanten Bauwerke und Bauteile sowie Einrichtungen maschineller Ausrüstungen sind plangemäß ausgeführt worden.

Einzig allein die „Akquisition“ der Co-Substrate und der externen Klärschlämme bereiteten ein Stück weit Probleme. Auf die weiteren Ausführungen wird verwiesen.

### **3.2 Optimierung der Energieversorgung durch Klärschlammverbund und Co-Substratannahme**

Ein wesentlicher Aspekt des auf der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf realisierten Konzepts ist die Optimierung der Eigenstromversorgung durch zusätzliche Annahme von Klärschlämmen externer Kläranlagen sowie von Co-Substraten aus der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH. Damit konnte der Faulung zusätzliche organische Substrate zugeführt werden, die zu einer Erhöhung der Klärgasmenge führten.

Von den verschiedenen Klärschlämmen sowie angenommenen Co-Substraten wurden die theoretischen Faulgaserträge mittels standardisierter GB21-Versuche (in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4630 Vergärung organischer Stoffe - Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche) mit einer Versuchsdauer von 21 Tagen ermittelt. Die theoretischen Gaserträge wurden den gemessenen Faulgasmengen gegenübergestellt (siehe Kap. 3.5.5 Klärgasbilanz).

#### **3.2.1 Annahme und Verwertung von Klärschlämmen externer Kläranlagen**

Der Verbund zur Verwertung der Klärschlämme von den Kläranlagen Schlitz-Hutzdorf, Burghaun, Langenschwarz und Niederaula wurde durch die in Kap. 2.3 erläuterten vertraglichen Vereinbarungen zur interkommunalen Kooperation realisiert.

Die nachfolgenden Tab. 3-1 und Tab. 3-2 zeigen die in der Kläranlage Hutzdorf im Jahr 2016 verarbeiteten Klärschlammengen (Primärschlamm Kläranlage Hutzdorf, Überschussschlämme der Kläranlagen Hutzdorf, Niederaula, Langenschwarz und Burghaun vor der Eindickung).

Der Primärschlamm der Kläranlage Hutzdorf wurde direkt, die Überschussschlämme zunächst im neu errichteten Annahmebehälter zwischengelagert, gemischt und nach Eindickung in dem Scheibeneindicker auf einen TR-Gehalt von ca. 6 % in den Faulbehälter gepumpt. Die Mengen sind in der Abb. 3-1 dargestellt.

Tab. 3-1: Verarbeitete Klärschlammengen (Primär- und Überschussschlamm der Kläranlage Hutzdorf) in 2016

	PS Hutzdorf				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar	476	3,50%	16.660,0	84,70%	14.111,0
Februar	432	3,10%	13.392,0	81,10%	10.860,9
März	475	2,80%	13.300,0	80,10%	10.653,3
April	460	4,20%	19.320,0	74,00%	14.296,8
Mai	517	4,30%	22.231,0	76,00%	16.895,6
Juni	525	5,50%	28.875,0	67,30%	19.432,9
Juli	348	2,90%	10.092,0	82,00%	8.275,4
August	499	2,30%	11.477,0	85,30%	9.789,9
September	525	2,60%	13.650,0	81,30%	11.097,5
Oktober	497	3,50%	17.395,0	78,20%	13.602,9
November	490	2,90%	14.210,0	87,50%	12.433,8
Dezember	462	2,75%	12.705,0	74,00%	9.401,7
Summe	5.706 m <sup>3</sup> /a		193.307 kg/a 529,61 kg/d		150.852 kg/a 413,29 kg/d
			i.M. 3,39%		i.M. 78,04%

	ÜS Hutzdorf				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar	958	1,39%	13.316,2	67,53%	8.992,4
Februar	1.186	1,07%	12.690,2	70,53%	8.950,4
März	986	0,94%	9.268,4	65,67%	6.086,6
April	1.174	1,02%	11.974,8	62,00%	7.424,4
Mai	958	0,86%	8.238,8	66,33%	5.464,8
Juni	1.402	0,85%	11.917,0	63,60%	7.579,2
Juli	1.191	0,92%	10.957,2	69,80%	7.648,1
August	1.222	0,68%	8.309,6	56,80%	4.719,9
September	1.148	0,62%	7.117,6	60,00%	4.270,6
Oktober	968	0,67%	6.485,6	59,67%	3.870,0
November	1.302	0,63%	8.202,6	63,50%	5.208,7
Dezember	1.231	0,45%	5.539,5	64,30%	3.561,9
Summe	13.726 m <sup>3</sup> /a		114.018 kg/a 312,38 kg/d		73.777 kg/a 202,13 kg/d
			i.M. 0,83%		i.M. 64,71%

Tab. 3-2: Verarbeitete Klärschlammengen (Überschussschlämme der Kläranlagen Niederaula, Langenschwarz und Burghaun) in 2016

	ÜS Niederaula				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar	140	4,38%	6.132,0	69,00%	4.231,1
Februar	224	4,12%	9.223,2	70,22%	6.477,0
März	280	4,68%	13.101,2	72,40%	9.485,2
April	224	4,08%	9.139,2	73,49%	6.716,0
Mai	420	4,07%	17.080,0	66,78%	11.406,1
Juni	417	5,04%	21.021,0	63,81%	13.414,5
Juli	221	5,00%	11.044,0	62,46%	6.897,9
August	221	5,18%	11.448,0	58,40%	6.686,1
September	164	5,19%	8.504,0	58,22%	4.951,1
Oktober	162	4,73%	7.668,0	64,04%	4.910,8
November	196	4,01%	7.868,0	69,13%	5.439,0
Dezember	252	4,21%	10.612,0	73,97%	7.850,1
Summe	2.921 m <sup>3</sup> /a		132.841 kg/a 492,00 kg/d		88.465 kg/a 242,37 kg/d
			i.M. 4,55%		i.M. 66,59%

	ÜS Burghaun				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar					
Februar					
März					
April					
Mai					
Juni					
Juli					
August	442,0	2,32%	10.250,0	63,0%	6.456,1
September	308,0	2,21%	6.804,0	62,6%	4.256,3
Oktober	364,0	2,01%	7.308,0	65,9%	4.817,3
November	168,0	2,20%	3.696,0	71,2%	2.630,3
Dezember	252,0	2,41%	6.076,0	67,4%	4.094,0
Summe	1.534 m <sup>3</sup> /a		34.134 kg/a 126,42 kg/d		22.254 kg/a 60,97 kg/d
			i.M. 2,23%		i.M. 65,20%

	ÜS Langenschwarz				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar					
Februar					
März					
April	224,0	2,17%	4.860,8	69,4%	3.374,7
Mai	112,0	1,65%	1.848,0	75,3%	1.392,2
Juni	56,0	2,10%	1.176,0	67,0%	787,9
Juli	140,0	2,24%	3.136,0	69,9%	2.193,5
August	84,0	2,53%	2.128,0	61,7%	1.312,1
September	112,0	2,45%	2.744,0	64,0%	1.755,6
Oktober	84,0	2,27%	1.904,0	63,1%	1.200,6
November	140,0	2,02%	2.828,0	69,9%	1.976,0
Dezember	140,0	2,56%	3.584,0	72,0%	2.581,0
Summe	1.092 m <sup>3</sup> /a 4,0 m <sup>3</sup> /d		24.209 kg/a 89,66 kg/d		16.574 kg/a 61,38 kg/d
			i.M. 2,22%		i.M. 68,46%

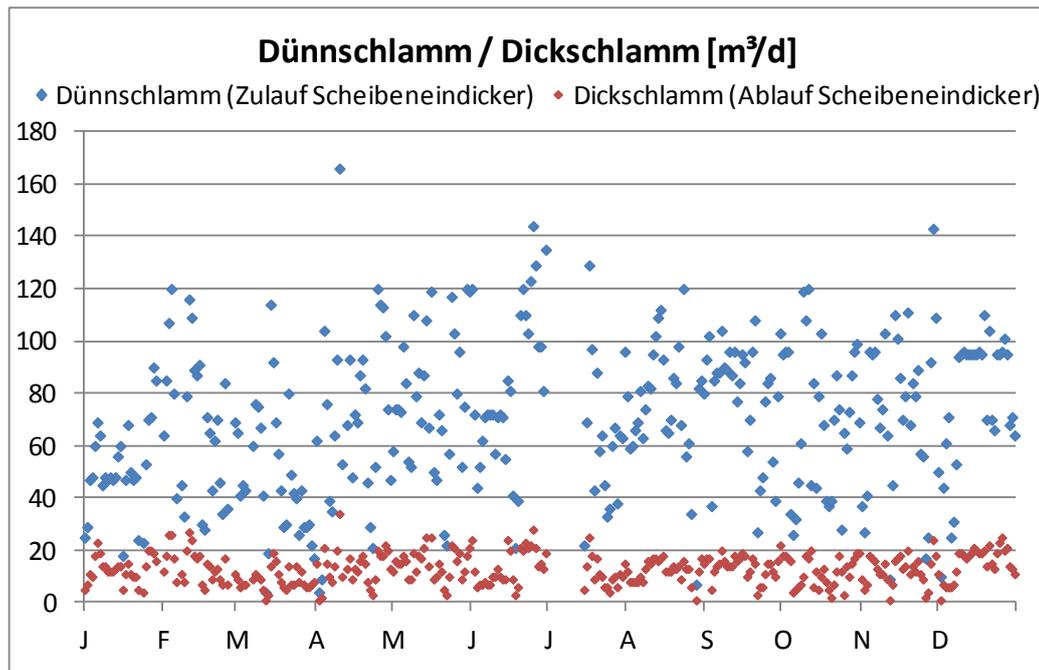


Abb. 3-1: Betrieb Scheibeneindicker, Dünnschlamm- und Dickschlammengen

### 3.2.2 Annahme von Co-Substraten

Die nachfolgende Abb. 3-2 sowie Tab. 3-3 zeigen die in der Faulung der Kläranlage Hutzdorf im Jahr 2016 verarbeiteten Co-Substrate der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH sowie Fettflotote und Teigreste. Die Co-Substrate wurden direkt ohne Eindickung in den Faulbehälter gepumpt. Eine quasi-kontinuierliche Anlieferung konnte in 2016 nicht realisiert werden.

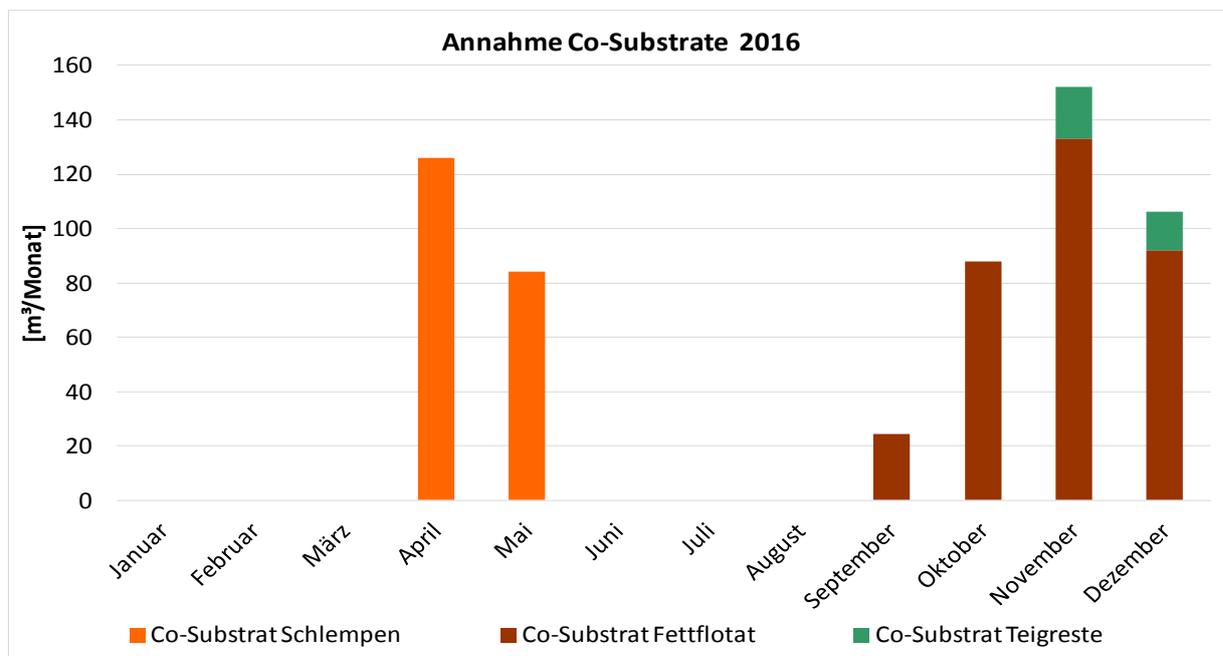


Abb. 3-2: In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete Co-Substrate  
- Schlemphen der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH  
- Fettflotote, - Teigreste, (jeweils Monatssummen 2016)

Tab. 3-3: Anlieferungen von Co-Substraten auf der Kläranlage Hutzdorf in 2016

	Co-Substrat Schlemphen				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar					
Februar					
März					
April	126,0	16,34%	20.588,4	96,40%	19.847,2
Mai	84,0	3,70%	3.108,0	91,60%	2.846,9
Juni					
Juli					
August					
September					
Oktober					
November					
Dezember					
Summe	210 m <sup>3</sup> /a		23.696,4 kg/a 87,76 kg/d		22.694,1 kg/a 84,05 kg/d
			i.M. 11,28%		i.M. 95,77%

	Co-Substrat Fettflotat				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar					
Februar					
März					
April					
Mai					
Juni					
Juli					
August					
September	24,5	2,94%	720,3	92,43%	665,77
Oktober	88,0	2,94%	2.587,2	92,43%	2.391,35
November	133,0	2,94%	3.910,2	92,43%	3.614,20
Dezember	92,0	2,94%	2.704,8	92,43%	2.500,05
Summe	338 m <sup>3</sup> /a		9.922,5 kg/a 36,75 kg/d		9.171,4 kg/a 33,97 kg/d
			i.M. 2,94%		i.M. 92,43%

	Co-Substrat Teigreste				
	Menge m <sup>3</sup> /Mo.	%	TR kg/Mo.	%	oTR kg/Mo.
Januar					
Februar					
März					
April					
Mai					
Juni					
Juli					
August					
September					
Oktober					
November	19,0	29,00%	5.510,0	98,26%	5.414,13
Dezember	14,0	29,00%	4.060,0	98,26%	3.989,36
Summe	33 m <sup>3</sup> /a		9.570,0 kg/a 35,44 kg/d		9.403,5 kg/a 34,83 kg/d
			i.M. 29,00%		i.M. 98,26%

### 3.2.3 Input Faulbehälter, Zusammenstellung und Nachweis des Faulbehälters

Die insgesamt im Faulbehälter der Kläranlage Schlitz verarbeiteten Schlämme und Co-Substrate sind in den nachfolgenden Abb. 3-3, Abb. 3-4 sowie der Tab. 3-5 zusammengestellt.

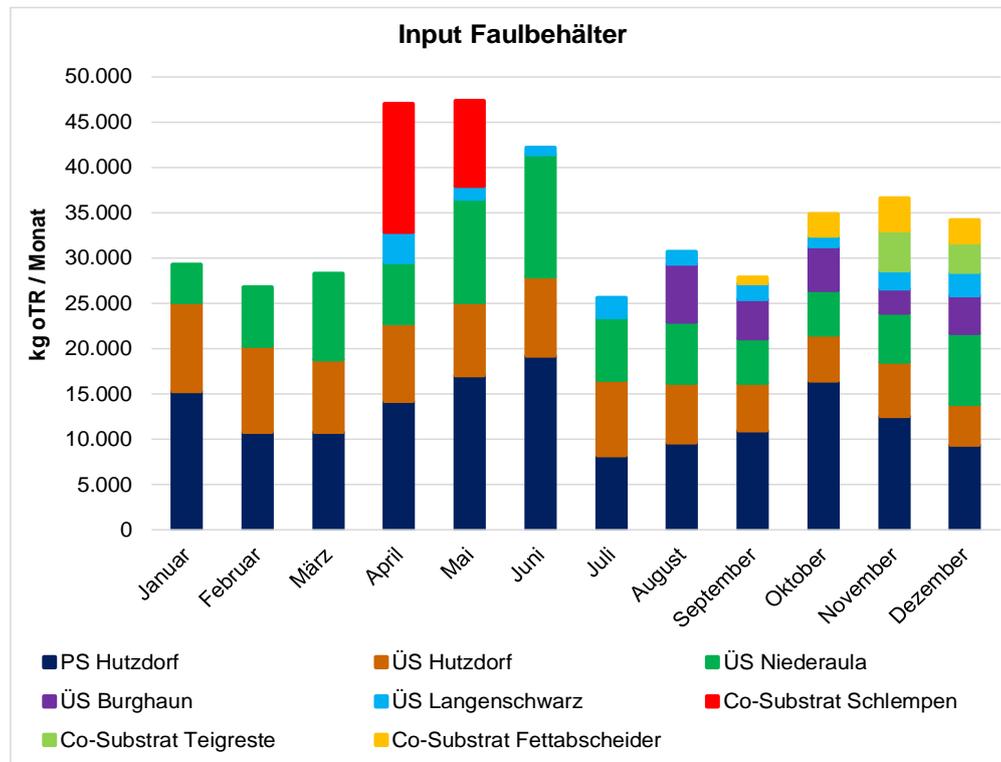


Abb. 3-3: In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete organische Trockensubstanz (jeweils Monatssummen 2016)

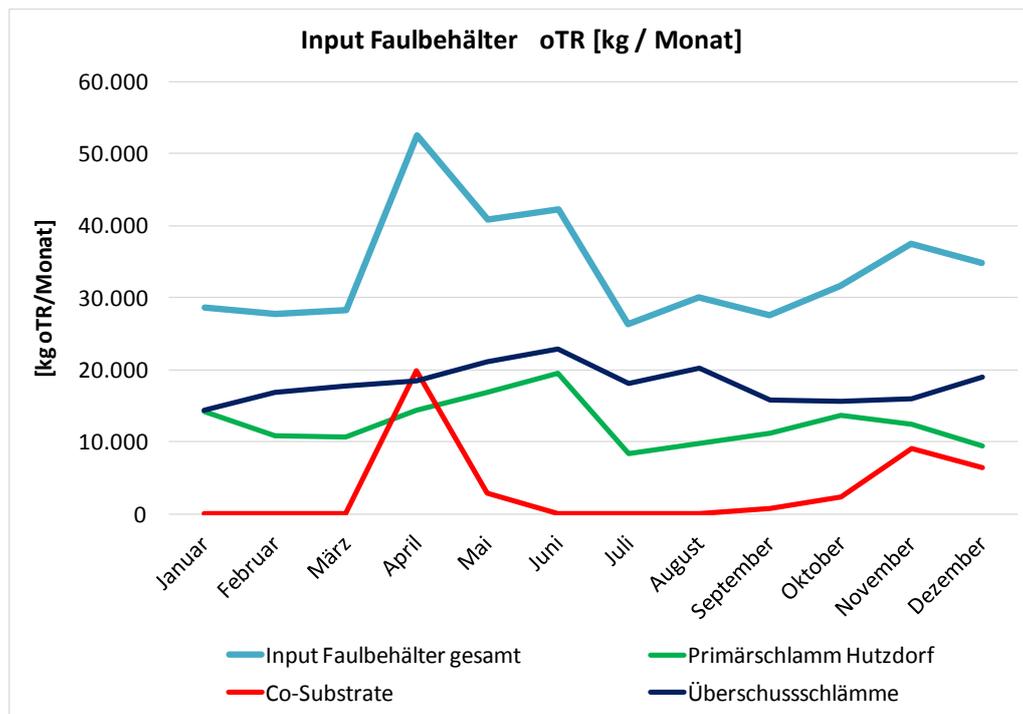


Abb. 3-4: In der Faulung der Kläranlage Hutzdorf verarbeitete organische Trockensubstanz (Jahresverlauf 2016)

Die Annahme von Co-Substraten erfolgte in 2016 noch nicht kontinuierlich; hier muss in den kommenden Jahren insbesondere aufgrund des Kampagnenbetriebs der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH, die in 2016 lediglich im Frühjahr Schlempe anlieferte, versucht werden, eine gleichmäßige Co-Substrat-Versorgung zu erreichen. Während der Beschickung mit Schlempe kam es im Faulbehälter auch spontan zu sehr hoher Gasproduktion, was zu Problemen im Betrieb des Faulbehälters sowie in der Gasverwertung führte.

Die Verarbeitung von Überschussschlämmen der externen Kläranlagen konnte überwiegend gleichmäßig erfolgen.

Im Jahresmittel ergibt sich eine tägliche Beschickungsmenge von  $Q = 29,4 \text{ m}^3/\text{d}$  sowie eine tägliche oTR-Masse von  $B_{d,oTR} = 1.118,8 \text{ kg oTR}/\text{d}$ .

Daraus ergeben sich folgende Belastungsdaten für den Faulbehälter:

- mittlere Aufenthaltszeit:  
 $t_R = V_{FB} / Q = 600 \text{ m}^3 / 29,4 \text{ m}^3/\text{d} = 20,4 \text{ d}$
- mittlere organische Raumbelastung  
 $B_{R,oTR} = B_{d,oTR} / V_{FB} = 1.118,8 / 600 = 1,86 \text{ kg oTR} / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$

Die Monats-Mittelwerte der Aufenthaltszeiten  $t_R$  im Faulbehälter sowie der organischen Raumbelastung  $B_{R,oTR}$  sind in Tab. 3-4 aufgeführt.

Die Zuführung von Schlempe im April führte zu einer spezifischen hohen organischen Raumbelastung von im Mittel  $B_{R,oTR} = 2,92 \text{ kg oTR}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  im April. Dies wiederum führte spontan zu einer hohen Gasproduktion; da aber die hohe Raumbelastung nur kurzzeitig auftrat und die Schlempe anaerob schnell und gut abbaubar ist, wurden keine weiteren Probleme z.B. durch Versäuern des Faulbehälters festgestellt.

Tab. 3-4: Nachweis der Aufenthaltszeit sowie organischen Raumbelastung des Faulbehälters (Monatsmittelwerte)

	Nachweis Faulbehälter, $V_{FB} = 600 \text{ m}^3$	
	Aufenthaltszeit $t_R$ (d)	Raumbelastung $B_{R,oTR}$ (kg oTR/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ )
Januar	22,3	1,54
Februar	20,8	1,65
März	25,6	1,52
April	18,3	2,92
Mai	17,5	2,20
Juni	19,1	2,35
Juli	34,1	1,42
August	21,4	1,62
September	18,6	1,53
Oktober	19,6	1,70
November	17,7	2,08
Dezember	17,8	1,88
Mittelwert	20,4	1,86

Tab. 3-5: Zusammenstellung der auf der Kläranlage Hutzdorf in 2016 verarbeiteten Schlämme (Primär- und Überschussschlämme) und Co-Substrate als Monatssummen

Input Faulbehälter													
Primärschlamm			Überschussschlämme				Co-Substrate			Input Faulbehälter gesamt			
Q PS	PS TR	PS oTR	Q ÜS ges.	Q ÜS einged.	ÜS TR	ÜS oTR	Q Co-S.	Co-S. TR	Co-S. oTR	Q ges.		oTR ges	
m <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	kg/Mo.	m <sup>3</sup> /Mo.	m <sup>3</sup> /Mo	kg/Mo.	kg/Mo.	m <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	kg/Mo.	m <sup>3</sup> /Mo.	m <sup>3</sup> /d	kg/Mo.	kg/d
476,0	16.660,0	14.111,0	1.239,0	358,0	21.279,2	14.460,0	0,0	0,0	0,0	834,0	26,90	28.571,0	921,65
432,0	13.392,0	10.860,9	1.580,0	376,0	24.034,3	16.923,2	0,0	0,0	0,0	808,0	28,86	27.784,1	992,29
475,0	13.300,0	10.653,3	1.573,0	252,0	25.577,3	17.678,3	0,0	0,0	0,0	727,0	23,45	28.331,6	913,92
460,0	19.320,0	14.296,8	1.762,0	399,0	27.367,4	18.378,4	126,0	20.588,4	19.847,2	985,0	32,83	52.522,4	1.750,75
517,0	22.231,0	16.895,6	1.968,0	463,0	31.446,1	21.101,5	84,0	3.108,0	2.846,9	1.064,0	34,32	40.844,0	1.317,55
525,0	28.875,0	19.432,9	2.075,0	418,0	35.802,3	22.855,4	0,0	0,0	0,0	943,0	31,43	42.288,3	1.409,61
348,0	10.092,0	8.275,4	1.756,0	198,0	27.039,0	18.067,0	0,0	0,0	0,0	546,0	17,61	26.342,4	849,76
499,0	11.477,0	9.789,9	2.194,0	370,0	34.053,0	20.263,2	0,0	0,0	0,0	869,0	28,03	30.053,1	969,45
525,0	13.650,0	11.097,5	1.918,0	416,0	26.198,9	15.851,1	24,5	720,3	665,8	965,5	32,18	27.614,3	920,48
497,0	17.395,0	13.602,9	1.805,0	363,0	24.834,8	15.675,3	88,0	2.587,2	2.391,3	948,0	30,58	31.669,5	1.021,60
490,0	14.210,0	12.433,8	1.946,0	373,0	23.686,7	15.947,4	152,0	9.420,2	9.028,3	1.015,0	33,83	37.409,5	1.246,98
462,0	12.705,0	9.401,7	2.177,0	475,0	27.273,6	19.027,2	106,0	6.764,8	6.489,4	1.043,0	33,65	34.918,3	1.126,40
5.706 m <sup>3</sup> /a	193.307 kg/a	150.852 kg/a	21.993 m <sup>3</sup> /a	4.461 m <sup>3</sup> /a	328.593 kg/a	216.228 kg/a	581 m <sup>3</sup> /a	43.189 kg/a	41.269 kg/a	10.748 m <sup>3</sup> /a	29,4 m <sup>3</sup> /d	408.349 kg/a	1.118,8 kg/d

### 3.3 Datenauswertung, Ergebnisse des Messprogramm

In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt wurde ein Hauptmessprogramm mit Zu- und Ablaufproben als 24-h-Mischproben, ein Messprogramm zur Ermittlung von Tagesganglinien sowie Messprogramme zur Ermittlung des Wirkungsgrades der Vorklärung sowie der Schlammwasserrückbelastung durchgeführt.

Die Analysen des Hauptmessprogramms, die gemäß Vorgabe des Umweltbundesamtes in „angemessenen Abständen“, um den jahreszeitlichen Verlauf der Zulauf- und Ablaufwerte zu dokumentieren, gemessen werden sollen, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. 3-6: Parameter des Hauptmessprogramms sowie Analysenverfahren

Parameter	Wo zu messen	Probenahme	Analysenverfahren
TOC	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 386
CSB	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 314/514
BSB <sub>5</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	OxiTop
TN <sub>b</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 138/238
N <sub>ges.</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	rechnerisch
NH <sub>4</sub> -N	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 303
NO <sub>3</sub> -N	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 339
NO <sub>2</sub> -N	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 341
P <sub>ges.</sub>	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 348/350
PO <sub>4</sub> -P	Zulauf und Ablauf KA	24 h Mischprobe	Hach LCK 348/350

Um die in der Energieanalyse geforderte Nachrechnung der Kläranlage durchführen zu können und aussagefähige Ergebnisse zu erhalten, sollten zusätzlich Feststoffe im Zulauf (abfiltrierbare Stoffe (abf. St.)) beprobt werden.

Nach Rücksprache mit Herrn Fricke, UBA, ist der genannte „angemessene Abstand“ wie folgt zu verstehen:

- Pro Monat wird je eine 1-wöchige Messkampagne mit täglich einer 24-h-Mischprobe von Zu- und Ablauf durchgeführt.

Um diese 1-wöchigen Messkampagnen durchzuführen, wurden die Proben durch automatische Probenehmer erhoben, die pro Tag (24 h) 12 \* durchflussproportionale 2-h-Einzelproben gezogen haben. Diese 2-h-Einzelproben wurden dann durch das Personal der Stadtwerke Schlitz zu einer 24-h-Mischprobe vereinigt. Die 24-h-Mischproben wurden im Labor für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Mittelhessen analysiert.

Die Messkampagnen haben zu folgenden Zeiträumen stattgefunden:

Tab. 3-7: Durchgeführte Messkampagnen

Messkampagnen		Messprogramm
Monat	Zeitraum	
1	07.01. - 14.01.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	11.01.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
2	04.02. - 11.02.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	08.02.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
3	17.03. - 24.03.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	20.03.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
4	21.04. - 28.04.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	22.04.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
5	12.05. - 19.05.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	19.05.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
6	09.06. - 16.06	Zulauf, Ablauf VKB, Ablauf 24-h-MP
7	07.07. – 14.07.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
8	18.08. – 25.08.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	17.08.	Schlammwasser VED und Zentrat Dekanter- Stichprobe
9	21.09. – 28.09.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	21.09. u. 18.09.	Tagesganglinien Zulauf, 2-h-MP
10	10.10.. – 31.10.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
11	16.11. – 23.11.	Zulauf, Ablauf 24-h-MP
	16.11. u. 23.11.	Tagesganglinien Zulauf, 2-h-MP
12	08.12. – 15.12.	Zulauf, Ablauf VKB, Ablauf 24-h-MP

Das Messprogramm startete erst im Januar 2016, weil der Faulbehälter tatsächlich erst Anfang November 2015 in Betrieb genommen, also mit Schlamm befüllt, wurde. Bereits Ende Januar 2016 wurde dann eine Undichtigkeit des Faulbehälterkopfes an der Übergangsstelle zwischen Betonwand und eingebauter Gashaube festgestellt. Die Reparatur konnte aber erst im Sommer bei höheren Temperaturen durchgeführt werden. Reparaturzeitraum war 4.7. - 14.7.2016. Eine weitere Inbetriebnahmephase des Faulbehälters folgte bis ca. Mitte September. Daher sind die Gasproduktion sowie die verwertete Gasmenge bis ca. September nicht repräsentativ.

Weitere wesentliche Aspekte zur Bewertung des Messprogramms im Jahr 2016 waren:

- Während der Monate Januar bis April wurde die Abwärme des BHKW ganz oder teilweise über die Notkühlung abgeführt und der Faulbehälter mit Flüssiggas über den Spitzenlast-/Notfallheizkessel beheizt.
- Aufgrund der ansteigenden Rückbelastung aus der Annahme von Fremdschlämmen und Co-Substraten kam es immer wieder zu Überschreitungen der Überwachungswerte des Parameters  $N_{ges}$ . Ab Juni wurde daher das Vorklärbecken teilweise umfahren, um den Kohlenstoffbedarf für die Denitrifikation sicherzustellen. Ungefähr 10 % des Zulauf werden seitdem an der Vorklärung vorbei direkt in die Belebung geleitet.

### 3.3.1 Zulaufmengen

Die Abb. 3-5 zeigt alle gemessenen Tageszuflüsse zur Kläranlage Hutzdorf ( $Q_d$ ). In Abb. 3-6 sind die Trockenwetterzuflüsse ( $Q_T$ ) sowie der Trockenwetterzufluss als gleitendes 20-Tage-Minimum

dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Trockenwetterzufluss im Verlauf des Jahres 2016 langsam abnimmt und in der zweiten Jahreshälfte – bis auf eine Phase im November 2016 – bei ca. 1.500 – 1.700 m<sup>3</sup>/d liegt.

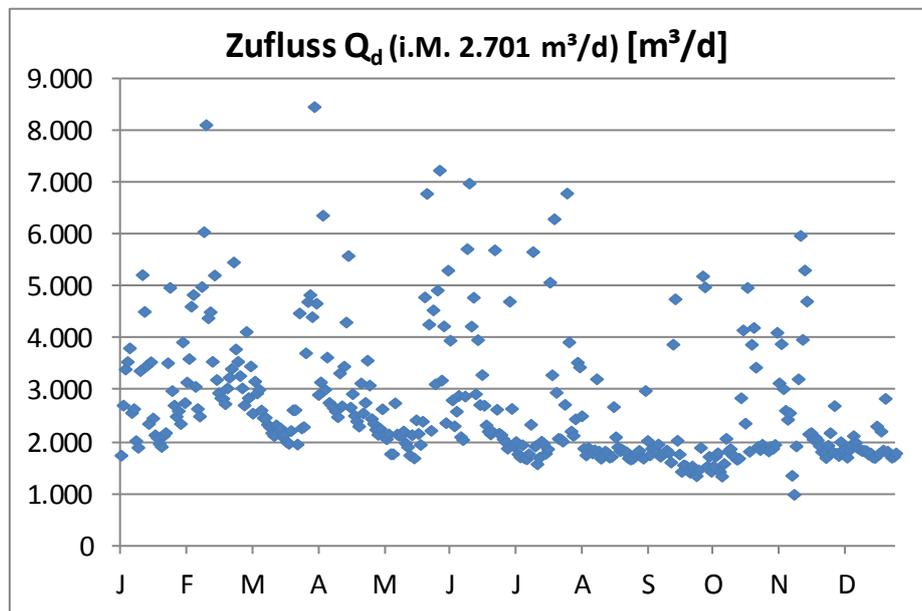


Abb. 3-5: Zulaufwassermengen  $Q_d$  sowie Trockenwetterzufluss als gleitendes 20-Tage-minimum, Betriebstagebuch (2016)

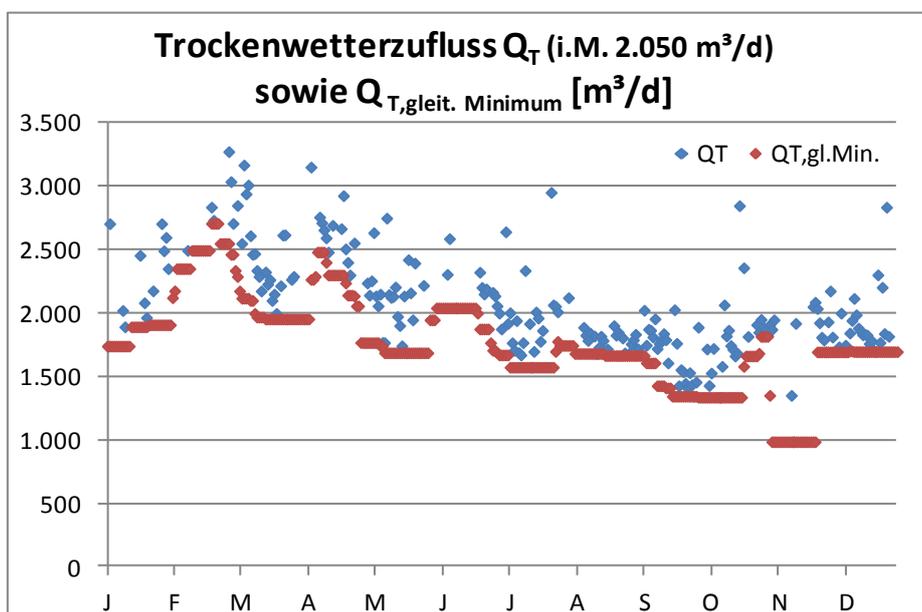


Abb. 3-6: Trockenwetterzufluss  $Q_T$  sowie Trockenwetterzufluss als gleitendes 20-Tage-minimum, Betriebstagebuch (2016)

### 3.3.2 Hauptmessprogramm Zulauf und Ablauf Kläranlage

#### 3.3.2.1 Hauptmessprogramm Zulauf Kläranlage

Die Zulauf-Proben wurden nach dem Rechen und Sandfang gezogen, um Probleme bei der Probenahme mit Feststoffen zu minimieren. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Zulauf-Konzentrationen und –Frachten der Werte aus dem Messprogramm sowie der Eigenüberwachung der Stadtwerke Schlitz.

Tendenziell ist im Jahr 2016 ein Anstieg der Zulaufkonzentrationen im Verlauf des Jahres aller Parameter zu erkennen (siehe Abb. 3-7 bis Abb. 3-9), ggf. begründet durch die erhöhte Rückbelastung aufgrund der zusätzlich angenommenen Schlämme externer Kläranlagen sowie anderer Substrate. Dieser Anstieg ist allerdings bei den Zulauffrachten so nicht festzustellen (siehe Abb. 3-10 und Abb. 3-11).

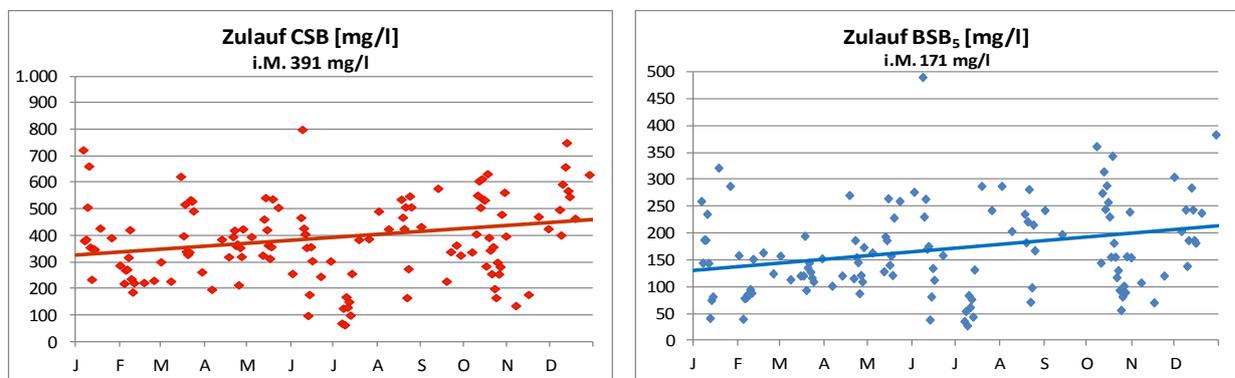


Abb. 3-7: CSB- und BSB<sub>5</sub>-Zulaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

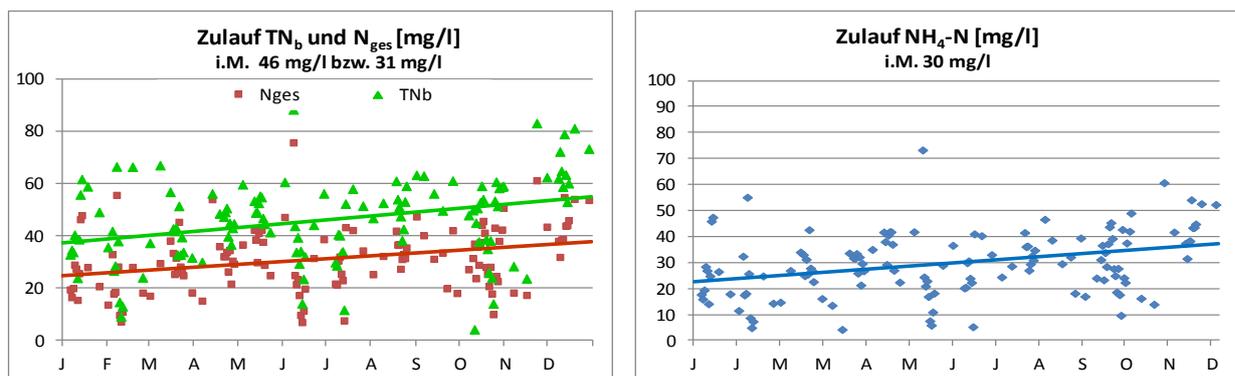


Abb. 3-8: TN<sub>b</sub>-, N<sub>ges</sub>- und NH<sub>4</sub>-N-Zulaufkonzentrationen, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

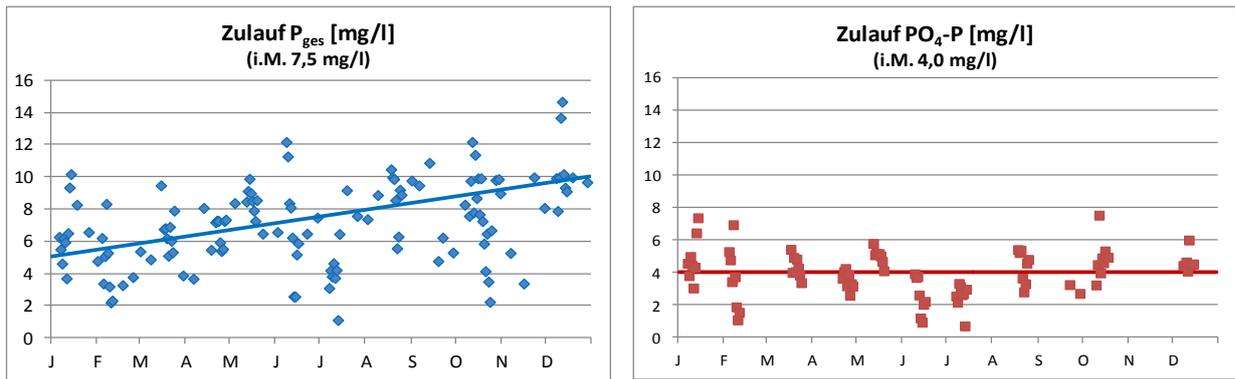


Abb. 3-9:  $P_{ges}$ - und  $PO_4$ -P-Zulaufkonzentrationen, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

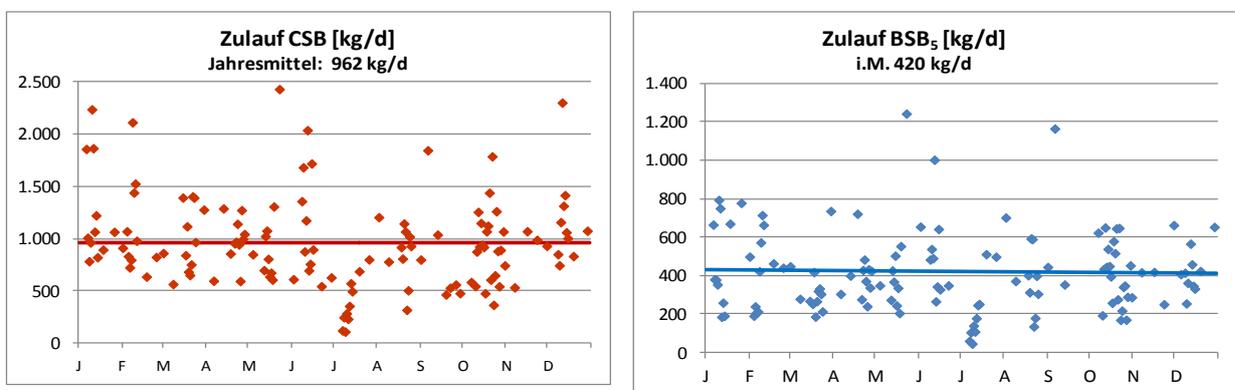


Abb. 3-10: CSB- und  $BSB_5$ -Zulauffrachten, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

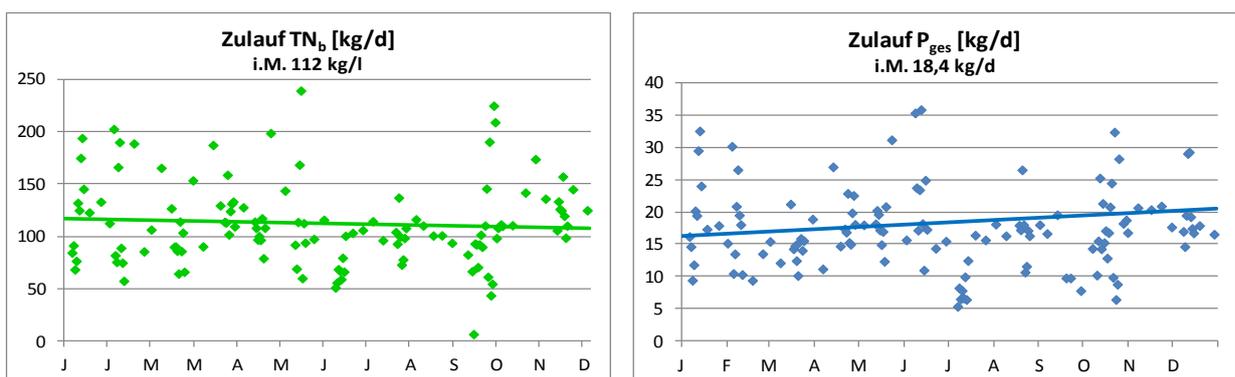


Abb. 3-11:  $TN_b$ - und  $P_{ges}$ -Zulauffrachten, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

### 3.3.2.2 Hauptmessprogramm Ablauf Kläranlage

Die nachfolgenden Abb. 3-12 bis Abb. 3-14 zeigen die Ablaufwerte der Parameter CSB,  $BSB_5$ ,  $NH_4$ -N,  $N_{ges}$ ,  $PO_4$ -P und  $P_{ges}$  der Eigenüberwachung der Kläranlage sowie der monatlichen Messprogramme und bieten damit einen guten Überblick über den Betrieb der Kläranlage Hutzdorf

nach Umbau. Es ist zu erkennen, dass insbesondere beim Parameter  $N_{ges}$  keine sichere Unterschreitung des Überwachungswertes von 9,6 mg/l möglich war.

Bei den Phosphor-Parametern  $P_{ges}$  und  $PO_4$ -P wurden durch eine optimierte Fällung im Laufe des Jahres durchgehend Werte unterhalb des aktuellen Überwachungswertes erreicht.

Der zukünftig aufgrund des Maßnahmenprogramms zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie einzuhaltende Überwachungswert für  $P_{ges}$  von 0,7 mg/l und auch der sog. Grenzwert für  $PO_4$ -P von 0,2 mg/l wurde allerdings in 2016 nicht erreicht.

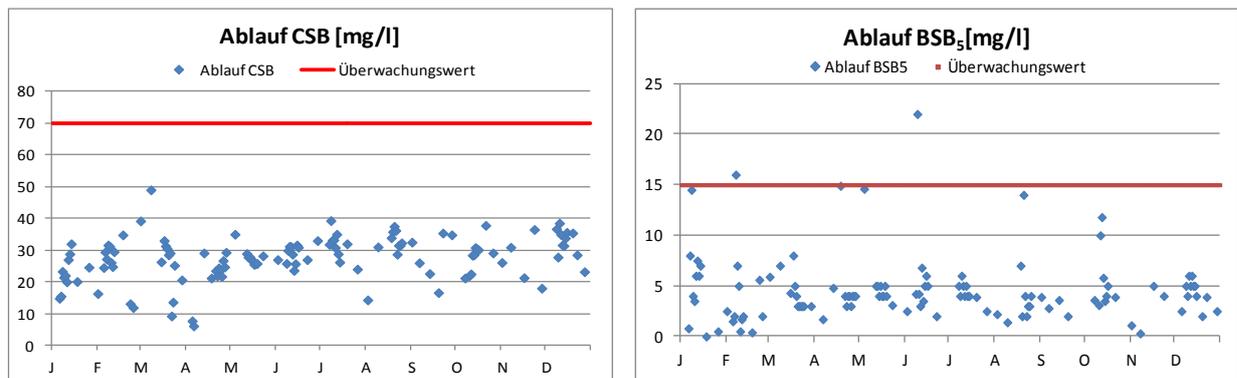


Abb. 3-12: CSB- und BSB<sub>5</sub>-Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

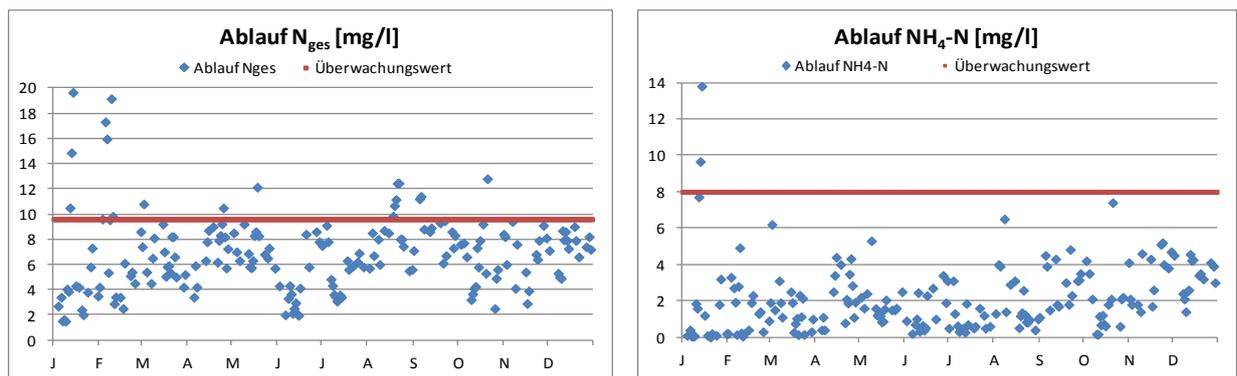


Abb. 3-13:  $N_{ges}$ - und  $NH_4$ -N-Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

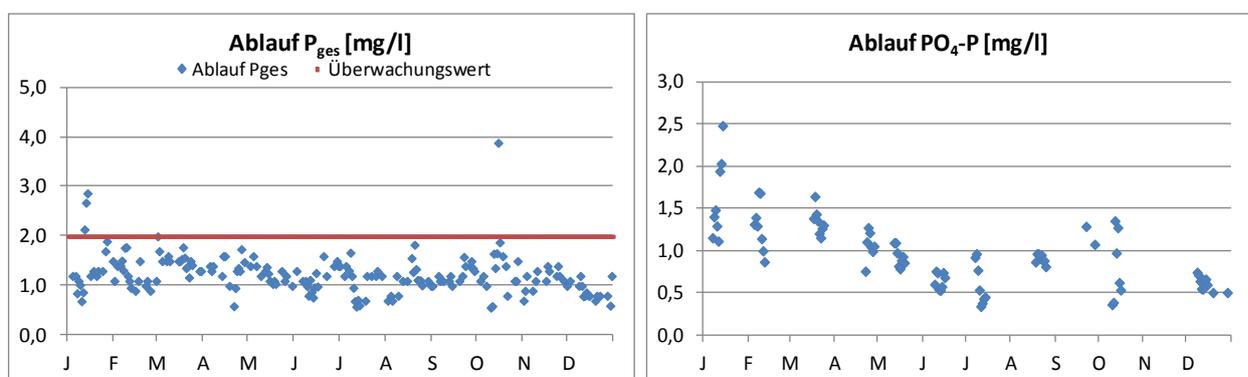


Abb. 3-14:  $P_{ges}$ - und ortho-P-Ablaufwerte, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

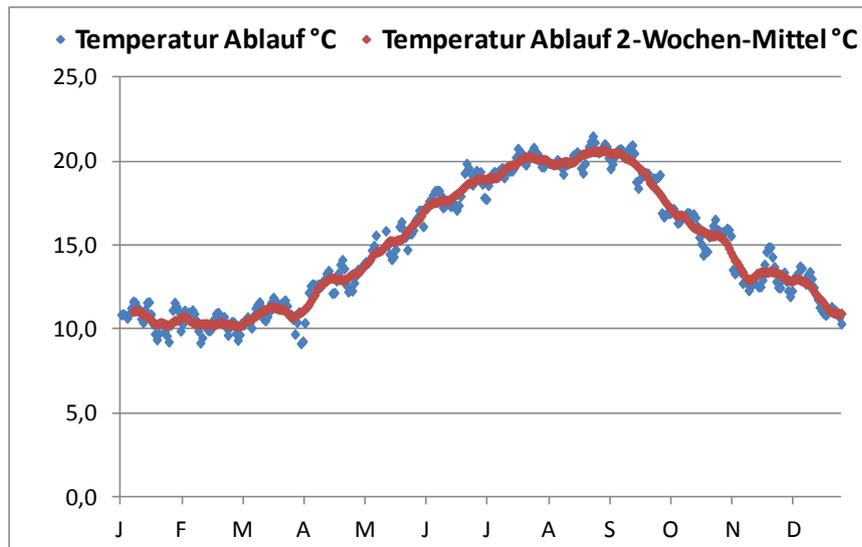


Abb. 3-15: Temperaturen Ablauf, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016), Jahresmittelwert 15 °C

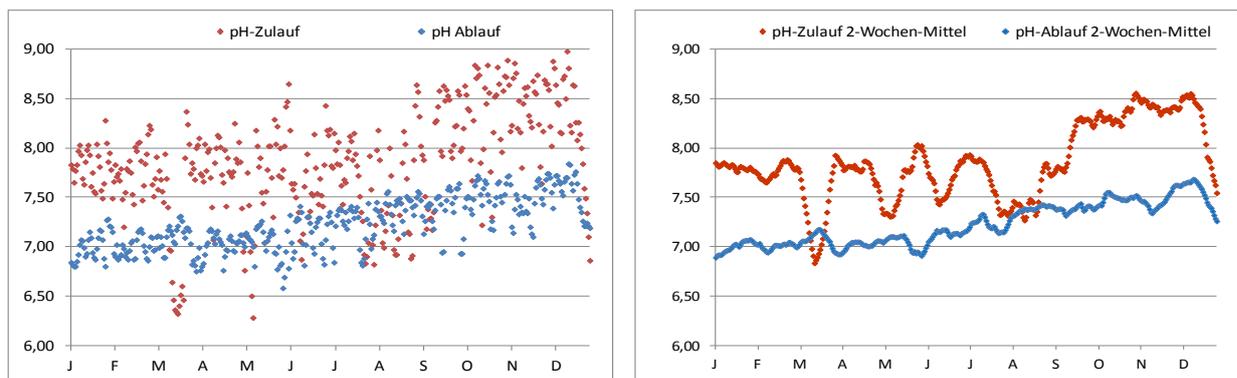


Abb. 3-16: pH-Werte Zu- und Ablauf, 2-Wochen-Mittel, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016)

### 3.3.3 Messprogramm Tagesganglinien

Neben den o.g. 24-Std.-Mischproben des Hauptmessprogramms (siehe Kap. 3.3.2) wurden während der Belastung durch den Kampagnenbetrieb der Schlitzer Kornbrennerei und außerhalb dieser Belastungszeit an jeweils mindestens 2 Tagen (hier gewählt an jeweils 2 Tagen, insgesamt an 4 Tagen) die Tagesganglinien durch 2-Std.-Mischproben ermittelt.

Es war zunächst geplant, diese Tagesganglinien im Herbst 2016 vor und während der Kampagne durchzuführen; leider wurde dann aber im Herbst keine Schlempe der Schlitzer Kornbrennerei angenommen.

In diesem Messprogramm zur Ermittlung der Tagesganglinien wurde auf die Analytik des  $BSB_5$  sowie des  $TN_b$  verzichtet.

In dem Zeitraum der Bestimmung von Tages-Ganglinien wurde zudem kein Wochen-Messprogramm (siehe oben) durchgeführt.

Die Analyse der 2-h-Werte als Tagesganglinien sollte dem Nachweis dienen, ob

- die Zulaufbelastung signifikante Spitzen in Konzentrationen oder Frachten über den Tagesverlauf aufweist,
- die Überwachungswerte nicht nur im Tagesmittel, sondern auch in der 2-h-Mischprobe eingehalten werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Tagesganglinien an den 4 Messtagen 21.09., 28.09., 16.11. und 23.11.2016:

- Abb. 3-17: Zulaufwassermengen
- Abb. 3-18 Zulaufkonzentrationen der Parameter CSB,  $N_{ges}$ -,  $P_{ges}$ - und Abf. Stoffe
- Abb. 3-19: Zulauffrachten der Parameter CSB,  $N_{ges}$ -,  $P_{ges}$ - und Abf. Stoffe
- Abb. 3-20: Ablaufkonzentrationen der Parameter CSB,  $P_{ges}$ ,  $N_{ges}$  und  $NH_4-N$
- Abb. 3-21: Ablaufkonzentrationen  $NO_3-N$

In der Tab. 3-8 sind zudem die Tagesganglinien der 2-h-Zulauf-Tagesfrachten der Parameter CSB,  $N_{ges}$ ,  $P_{ges}$  und abf. Stoffe zusammengestellt.

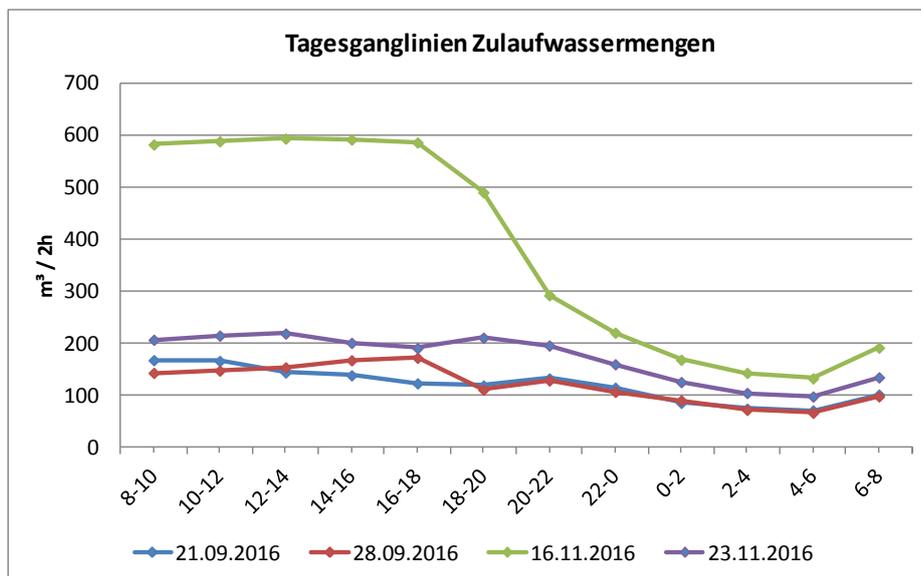


Abb. 3-17: Tagesganglinien Zulaufwassermengen an 4 Messtagen

Die Zulaufwassermengen zeigen folgende Ergebnisse:

- Am 21. und 28.09.2016 (38. und 39. KW) herrschte stabiles Trockenwetter, laut Betriebstagebuch vom 19. bis 30. September mit sehr vergleichbaren Abflüssen. Der Fremdwasserzufluss an diesen Tagen (entsprechend dem Zufluss in den Nachtstunden 2:00 bis 6:00 Uhr) kann auf ca. 70 m³/2h entsprechend ca. 35 m³/h bestimmt werden.
- Auch am 23.11.2016 herrschte lt. Betriebstagebuch Trockenwetter mit einer längeren vorübergehenden Regenperiode vom 15. bis 21.11. mit entsprechendem Regennachlauf. Der Nachtzufluss lag am 23.11. bei ca. 100 m³/2h entspr. ca. 50 m³/h
- Am 16.11.2016 herrschte Regenwetter bis ca. 18:00 Uhr mit ca. 550-600 m³/2h (275-300 m³/h) mit anschließend stark abfallenden Zuflüssen auf ca. 140 m³/2h im Zeitraum 2:00 bis 6:00 Uhr

Die hohen Mischwasserzuflüsse am 16.11.2016 bedingt durch Regenwetter führten zu entsprechend niedrigen Zulaufkonzentrationen bei allen Parametern (siehe Abb. 3-18).

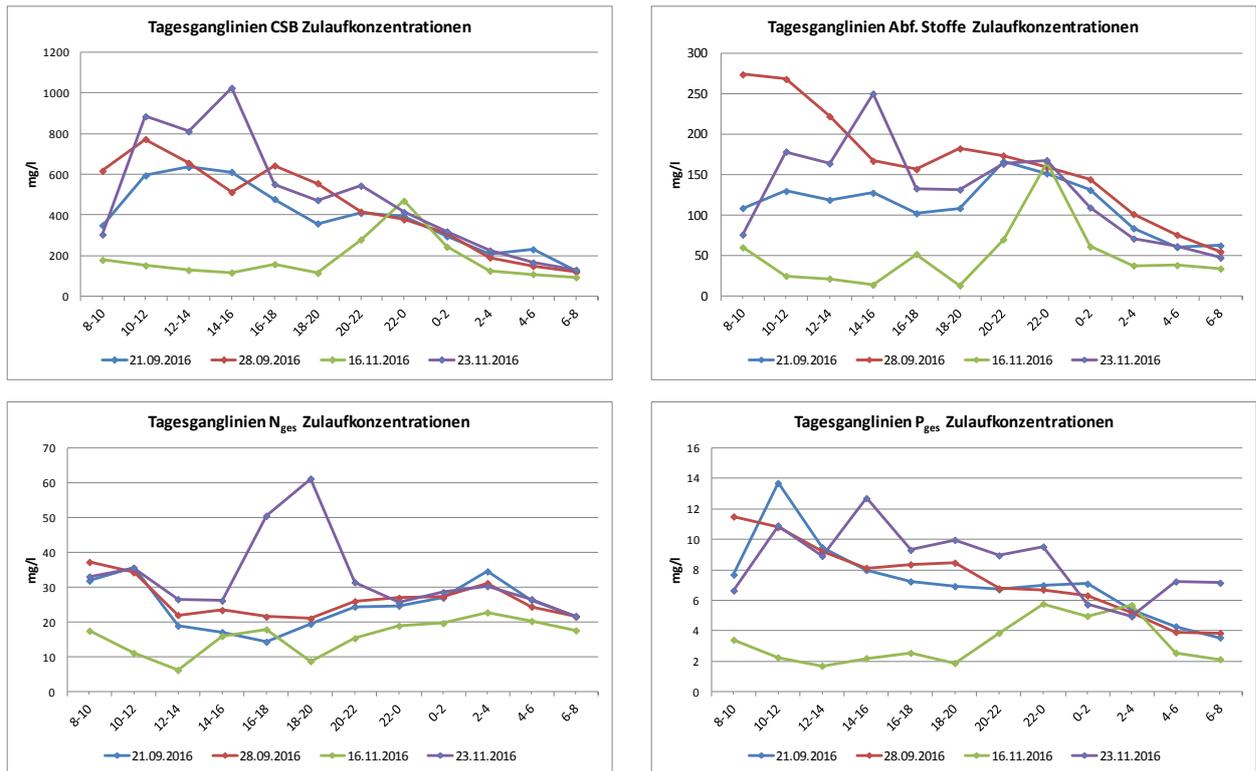


Abb. 3-18: Tagesganglinien der Zulaufkonzentrationen der Parameter CSB, N<sub>ges</sub>, P<sub>ges</sub> und Abf. Stoffe an 4 Messtagen

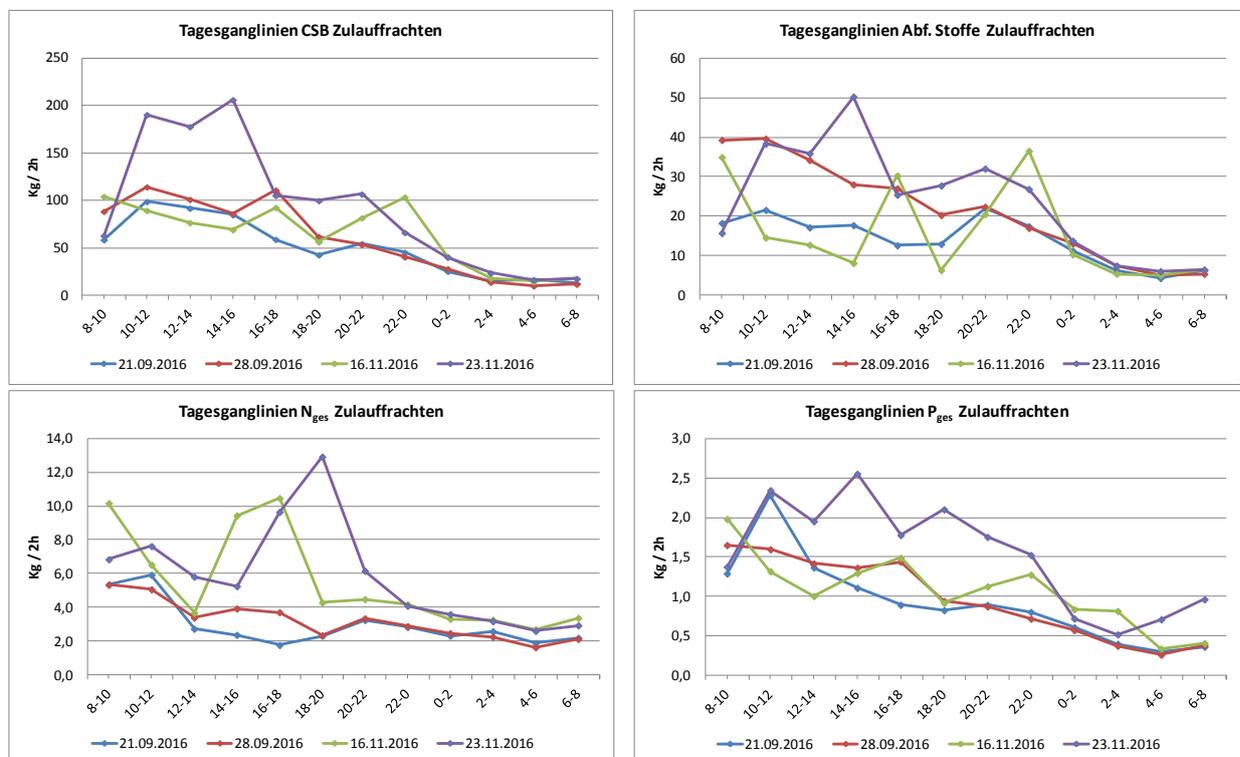


Abb. 3-19: Tagesganglinien der Zulauffrachten der Parameter CSB, N<sub>ges</sub>, P<sub>ges</sub> und Abf. Stoffe an 4 Messtagen

Tab. 3-8: Tagesfrachten sowie errechnete Einwohnerwerte an 4 den Messtagen der Bestimmung der Tagesganglinien

Tagesfrachten EW	Zul. Fracht CSB	Zul. Fracht abf.Stoffe	Zul. Fracht N-gesamt	Zul. Fracht P-tot
	120 g/(E*d)	70 g/(E*d)	11 g/(E*d)	,81 g/(E*d)
21.09.2016	605,3 kg/d	167,7 kg/d	35,5 kg/d	11,1 kg/d
	5.044 EW <sub>CSB</sub>	2.396 EW	3.225 EW <sub>N</sub>	6.181 EW <sub>P</sub>
28.09.2016	720,0 kg/d	258,4 kg/d	38,4 kg/d	11,6 kg/d
	6.000 EW <sub>CSB</sub>	3.692 EW	3.495 EW <sub>N</sub>	6.432 EW <sub>P</sub>
16.11.2016	764,8 kg/d	191,0 kg/d	65,8 kg/d	12,8 kg/d
	6.373 EW <sub>CSB</sub>	2.729 EW	5.981 EW <sub>N</sub>	7.107 EW <sub>P</sub>
23.11.2016	1.112,3 kg/d	285,7 kg/d	70,6 kg/d	18,3 kg/d
	9.269 EW <sub>CSB</sub>	4.081 EW	6.420 EW <sub>N</sub>	10.158 EW <sub>P</sub>

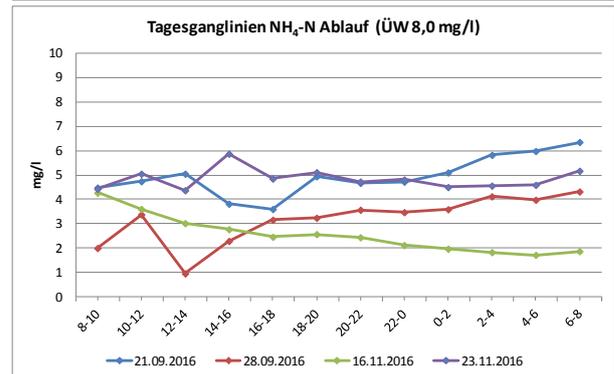
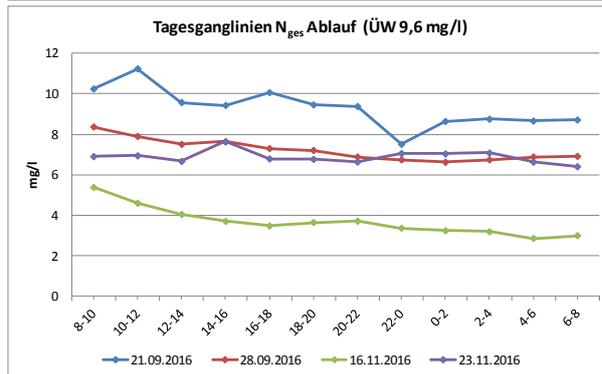
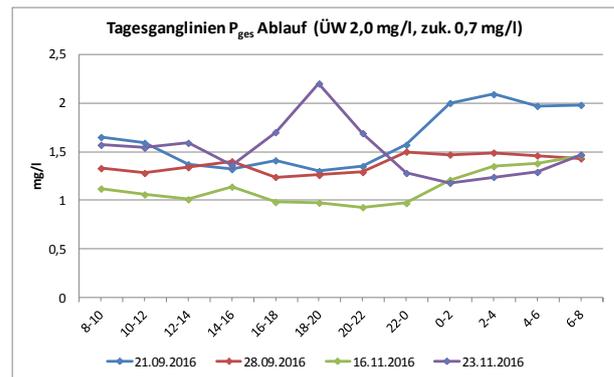
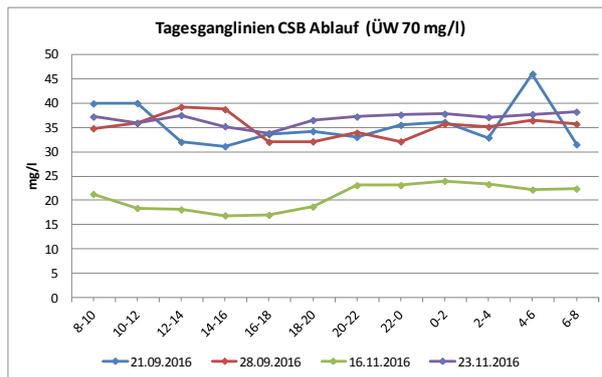


Abb. 3-20: Tagesganglinien der Ablaufkonzentrationen der Parameter CSB, N<sub>ges</sub>-, P<sub>ges</sub>- und Abf. Stoffe an 4 Messtagen

Der CSB-Überwachungswert von 70 mg/l wird immer eingehalten. Gleiches gilt auch für den NH<sub>4</sub>-N-Überwachungswert von 8,0 mg/l, obwohl bei Ablaufwerten zwischen ca. 2 und 6 mg/l nicht mehr von einer stabilen weitgehenden Nitrifikation gesprochen werden kann.

Gründe für eine nicht weitgehende Nitrifikation können z.B. sein

- zu hohe Stickstoff-Zulaufmengen: diese lagen allerdings an den betrachteten Tagen bei lediglich ca. 35 bis 70 kg N/d, entsprechend einer  $EW_N$ -Belastung von ca. 3.200 bis ca. 6.400  $EW$ , also deutlich unter den Bemessungswerten,
- zu geringe Sauerstoffversorgung: die mittlere  $O_2$ -Konzentration in 2016 lag lediglich bei 0,52 mg/l, 21.09. 0,31 mg/l, am 23.11. 0,47 mg/l,
- zu niedriger oder zu hoher pH-Wert: der pH-Wert lag stabil zwischen ca. 7,0 und 7,5
- zu niedriger Temperatur: im Zeitraum September lag die Temperatur bei ca. 20 °C, im November bei ca. 13 °C; diese Temperaturen weisen nicht auf eine temperaturbedingte geringere Nitrifikationsleistung hin.
- zu geringes aerobes Schlammalter.

Der Überwachungswert von  $N_{ges}$  von 9,6 mg/l wurde am 21.09. zum Teil überschritten; die Denitrifikation erfolgte nicht weitgehend. Die Abb. 3-21 zeigt die  $NO_3$ -N-Ablaufwerte an den 4 Messtagen. Daraus wird ersichtlich, dass im September (21. und 28.09.) während der Tagesstunden noch  $NO_3$ -N-Werte im Bereich 5 mg/l auftraten. An den Messtagen im November (16. und 23.11.) konnten  $NO_3$ -N-Ablaufwerte ganztägig im Bereich 1 bis 2 mg/l im Ablauf erreicht werden. Gründe für eine nicht weitgehende Denitrifikation können unter anderem sein:

- zu kurze Denitrifikationszeiten: belüftete und unbelüftete Zeiten (Nitrifikation und Denitrifikation) werden in Hutzdorf über die SPS auf Basis einer Ammonium- und Nitrat-Messung gesteuert, so dass bei Anstieg der  $NH_4$ -N-Werte die Belüftungszeiten verlängert werden, was automatisch zu einer Verkürzung der unbelüfteten Zeiten und damit der Denitrifikationszeiten führt.
- zu geringe Frachten an leicht abbaubaren organischen Stoffen.

Beide Gründe können für die höheren  $NO_3$ -N-Ablaufwerte im September maßgeblich sein.

Im Januar 2017 wurde das Belebungsbecken der Kläranlage Hutzdorf von Schlamm und Sand gereinigt, so dass nunmehr insgesamt ein deutlich größeres biologisch aktives Volumen und damit auch ein größeres anteiliges Denitrifikationsvolumen zur Verfügung steht. Weiterhin wurde seit Oktober ein Teil des Rohabwassers an der Vorklärung vorbei direkt in das Belebungsbecken geleitet, so dass dort eine größere Fracht an leicht abbaubaren organischen Stoffen für die Denitrifikation zur Verfügung stand.

In diesem Zuge wurden auch gleichzeitig alle Belüfterplatten des Fabrikates Supratec erneuert. Beide Maßnahmen haben seit Anfang 2017 zu einer wesentlichen Einsparung an Belüftungsenergie geführt, die jedoch bisher aufgrund noch nicht durchgeführter Messung nicht quantifiziert werden kann.

Die hohen Regenwetterzuflüsse am 16.11.2016 hatten offensichtlich keine negativen Auswirkungen auf die Ablaufqualität. Auch die Konzentration an abfiltrierbaren Stoffen war am 16.11.2016 nicht gegenüber den Trockenwettertagen erhöht. Dies weist auf eine gute bis sehr gute Funktion der Nachklärung hin.

Der bisherige Phosphor-Überwachungswert von 2,0 mg/l  $P_{ges}$  wurde mit Ausnahme von 2 2h-Mischproben eingehalten. Um den seit 01.08.2017 gültigen Überwachungswert von 0,7 mg/l einzuhalten, muss eine deutlich höhere Fällmittelmenge dosiert werden und zudem ggf. auf eine 2-Punkt-Fällung umgestellt werden. Hierzu laufen aktuell Versuche.

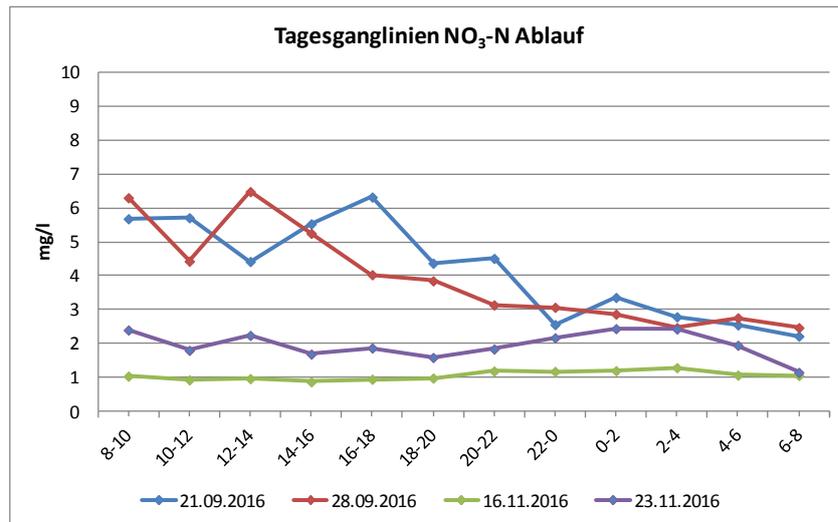


Abb. 3-21: Tagesganglinien der NO<sub>3</sub>-N-Ablaufkonzentrationen an 4 Messtagen

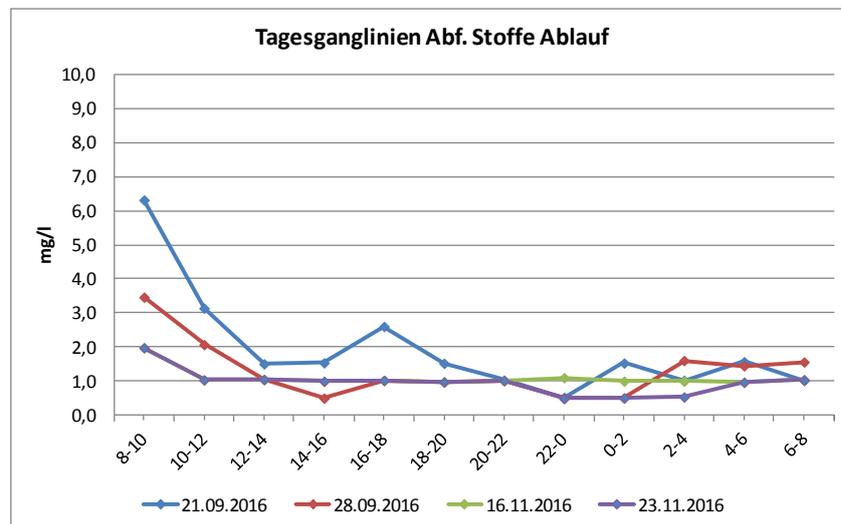


Abb. 3-22: Tagesganglinien der Ablaufkonzentrationen Abfiltrierbare Stoffe an 4 Messtagen

### 3.3.4 Messprogramm Vorklärung

Ergänzend zum Hauptmessprogramm wurde in 3 Monaten (Mai, Juni und Dezember 2016) ein Messprogramm zur Ermittlung der Wirkungsgrade der Vorklärung durchgeführt. Für dieses Messprogramm wurde im Ablauf der Vorklärung ein weiterer Probenehmer installiert, mit dem ebenfalls über einen Zeitraum von jeweils 1 Woche pro Monat 24-h-Mischproben gezogen werden.

Um durchflussproportionale Proben ziehen zu können, wurde dieser über ein 4-20 mA-Signal der Zulauf-Abwassermenge anliegend am Ort der Probenahme angesteuert. Die Bereitstellung dieses Steuersignals erfolgte durch die Stadtwerke Schlitz.

Die Analyseergebnisse sowie die Auswertung zeigt die Tab. 3-9. Die Wirkungsgrade der Vorklärung in Bezug auf die Parameter BSB<sub>5</sub>, CSB sowie abfiltrierbare Stoffe entsprechen den Erwartungen. Nicht erklärbar sind allerdings die Ergebnisse in Bezug auf die Parameter TN<sub>6</sub> sowie

NH<sub>4</sub>-N in der Messphase im Mai 2016, die bei allen Analysen einen deutlich negativen Wirkungsgrad, also eine Zunahme der Konzentrationen zeigten. Da es zudem in der Ansteuerung der Probennehmer in der Messphase im Mai Probleme gegeben hatte, werden diese Daten nicht weiter berücksichtigt. Die Prozesswässer aus der Überschussschlammwindickung sowie der Schlammmentwässerung werden in den Pumpensumpf des Zulaufpumpwerks zurückgeführt, sind also bereits in der Zulaufprobe berücksichtigt.

Tab. 3-9: Analysenergebnisse und Auswertung des Messprogramms Vorklärung mit Analysen des Zulaufs und des Ablaufs der Vorklärung, Tagesmischproben an jeweils 6-7 Messtagen im Mai, Juni und Dezember 2016

Zulauf Kläranlage					
Datum	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
14.05.2016	544	49,0	29,3	9,9	272,7
15.05.2016	423	52,6	40,6	9,0	227,9
16.05.2016	365	55,3	41,9	8,5	149,2
17.05.2016	315	54,8	41,9	7,9	104,5
18.05.2016	359	46,8	37,1	7,3	116,9
19.05.2016	539	44,6	27,1	8,6	206,3
Ablauf Vorklärbecken					
	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
14.05.2016	458	52,4	28,3	8,1	156
15.05.2016	303	66,8	58,9	8,2	154
16.05.2016	283	68,0	63,4	8,3	112
17.05.2016	264	67,6	58,1	7,7	86
18.05.2016	245	67,2	56,1	7,7	76
19.05.2016	368	54,6	36,9	9,3	140
Wirkungsgrad Vorklärung					
	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
14.05.2016	16%	-7%	3%	18%	43%
15.05.2016	28%	-27%	-45%	9%	32%
16.05.2016	22%	-23%	-51%	3%	25%
17.05.2016	16%	-23%	-39%	3%	18%
18.05.2016	32%	-44%	-51%	-6%	35%
19.05.2016	32%	-22%	-36%	-8%	32%
<b>im Mittel</b>	<b>24%</b>	<b>-24%</b>	<b>-37%</b>	<b>3%</b>	<b>31%</b>

<b>Zulauf Kläranlage</b>					
Datum	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
09.06.2016	801,0	53,8	34,5	11,3	319,0
10.06.2016	429,0	43,8	27,0	8,4	216,8
11.06.2016	507,0	49,4	33,0	8,1	235,9
12.06.2016	356,0	35,4	17,0	6,3	209,2
13.06.2016					
14.06.2016	179,0	14,2	8,0	2,6	162,5
15.06.2016	359,0	43,5	31,0	5,2	200,0
16.06.2016	306,0	32,1	22,0	5,9	217,6
08.12.2016	499,0	62,0	37,5	10,0	162,0
09.12.2016	403,0	72,2	31,6	7,9	128,0
10.12.2016	595,0	54,8	38,1	10,0	195,0
11.12.2016	1086,0	58,8	38,4	13,7	
12.12.2016	660,0	78,9	44,2	14,7	192,0
13.12.2016	751,0	63,4	43,5	10,2	261,0
14.12.2016	570,0	53,0	43,6	9,4	166,0
15.12.2016	548,0	60,1	44,9	9,1	170,0
<b>Ablauf Vorklärbecken</b>					
Datum	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
09.06.2016	474,0	50,4	31,3	10,2	197,8
10.06.2016	401,0	44,1	27,2	6,6	76,9
11.06.2016	422,0	46,3	31,4	7,2	165,4
12.06.2016	280,0	34,0	21,6	5,1	45,8
13.06.2016					
14.06.2016	136,0	14,8	7,2	2,3	58,4
15.06.2016	285,0	34,2	24,6	7,5	84,0
16.06.2016	237,0	31,9	22,1	4,3	114,0
08.12.2016	422,0	59,0	32,4	7,6	51,0
09.12.2016	400,0	61,3	31,4	9,5	43,0
10.12.2016	550,0	40,4	37,5	12,8	153,0
11.12.2016	557,0	49,8	37,4	8,0	-
12.12.2016	496,0	56,7	34,5	7,9	143,0
13.12.2016	507,0	63,5	40,3	7,8	220,0
14.12.2016	570,0	60,0	45,3	8,2	126,0
15.12.2016	418,0	53,0	47,9	7,7	143,0
<b>Wirkungsgrad Vorklärung</b>					
	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	abf. Stoffe
09.06.2016	41%	6%	9%	10%	38%
09.06.2016	41%	6%	9%	10%	38%
10.06.2016	7%	-1%	-1%	22%	65%
11.06.2016	17%	6%	5%	11%	30%
12.06.2016	21%	4%	-27%	19%	78%
13.06.2016					
14.06.2016	24%	-4%	10%	11%	64%
15.06.2016	21%	21%	21%	-43%	58%
16.06.2016	23%	1%	0%	26%	48%
08.12.2016	15%	5%	14%	24%	69%
09.12.2016	1%	15%	1%	-20%	66%
10.12.2016	8%	26%	2%	-28%	22%
11.12.2016	49%	15%	3%	41%	
12.12.2016	25%	28%	22%	46%	26%
13.12.2016	32%	0%	7%	24%	16%
14.12.2016	0%	-13%	-4%	13%	24%
15.12.2016	24%	12%	-7%	16%	16%
<b>im Mittel</b>	<b>22%</b>	<b>8%</b>	<b>4%</b>	<b>11%</b>	<b>44%</b>

### 3.3.5 Messprogramm Schlammwasser

Die Zusammensetzung des Schlammwassers aus der Überschussschlammeindickung sowie des Zentrates der Schlammmentwässerung hat sich bedingt durch die Verfahrensumstellung von aerob auf anaerobe Stabilisierung deutlich verändert. Damit ist die Rückbelastung insbesondere in Bezug auf die Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen angestiegen, was in Bezug auf den Betrieb der biologischen Stufe berücksichtigt werden muss.

Das „Messprogramm Schlammwasser“ war erforderlich, da das Schlammwasser des Eindickers sowie das Zentrat des Dekanters in den Zulauf zur Kläranlage geleitet werden und damit bei der Zulaufprobenahme (nach dem Sandfang) mit analysiert wird. Die Rückbelastung aus dem Schlammwasser und dem Zentrat musste daher für den Energiecheck sowie bei der Energieanalyse berücksichtigt werden.

Nach Rücksprache mit der Ingenieurgesellschaft Müller IGM werden die Volumenströme des Schlammwassers und des Zentrates kontinuierlich über MID gemessen, so dass für die Ermittlung der Rückbelastung (Frachten aus Schlammwasser und Zentrat) die Ermittlung der jeweiligen Konzentrationen erforderlich ist.

Im Rahmen des Messprogramms wurden daher einzelne Stichproben gezogen, aus deren Analysenwerte (siehe Tab. 3-10 und Tab. 3-11) in Verbindung mit den Volumenströmen die Rückbelastungs-Frachten ermittelt wurden.

Tab. 3-10: Analysenergebnisse des Schlammwassers des Scheibeneindickers

Konzentrationen Schlammwasser Scheibeneindicker					
Datum	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	AfS
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
11.01.2016	3.812	78,8	38,9	58,5	
08.02.2016	780	38,6	24,1	31,1	2.672
20.03.2016	2.000	120,0	83,0	42,0	1.056
22.04.2016	2.315	120,0	68,0	41,0	1.156
19.05.2016	2.532	126,0	75,0	81,5	1.298
17.08.2016	2.135	105,0	64,4	43,7	1.305
<b>Mittelwert</b>	<b>2.262</b>	<b>98,1</b>	<b>58,9</b>	<b>49,6</b>	<b>1.497</b>

Tab. 3-11: Analysenergebnisse des Zentrates des Dekanters

Konzentrationen Zentrat Dekanter					
Datum	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	AfS
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
11.01.2016	928	719,0	664,0	76,0	108
11.02.2016	1.014	784,0	756,0	190,0	190
20.03.2016	1.000	873,0	806,2	61,0	188
22.04.2016	967	801,0	772,4	58,0	56
19.05.2016	913	1132,0	1.091,6	104,0	50
10.07.2016	440	595,0	523,0	64,0	78
17.08.2016	865	853,0	808,0	102,0	118
<b>Mittelwert</b>	<b>875</b>	<b>822,4</b>	<b>774,5</b>	<b>93,6</b>	<b>113</b>

Tab. 3-12: Mittlere tägliche Rückbelastung aus Schlammwasser des Scheibeneindickers sowie aus dem Zentrat des Dekanters

<b>Mittlere tägliche Rückbelastung aus dem Zentrat des Dekanters</b>				
Menge	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>
m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
25,81	22,59	21,23	19,99	2,42

<b>Mittlere tägliche Rückbelastung aus dem Schlammwasser des Scheibeneindickers</b>				
Menge	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>
m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
36,77	83,19	3,61	2,17	1,83

<b>Mittlere tägliche Fracht aus Rückbelastung gesamt</b>				
Menge	CSB	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>
m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
62,58	105,78	24,83	22,15	4,24

Es ist zu erkennen, dass insbesondere das Zentrat aus der Schlammmentwässerung zu hohen Rückbelastungen an Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen führt, wohingegen das Schlammwasser aus der Überschussschlammeindickung diesbezüglich nur vergleichsweise geringe Konzentrationen aufweist, allerdings hohe CSB-Werte, die auf die Feststoffbelastung des Schlammwassers zurückzuführen sind.

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen.

### 3.3.6 Ermittlung der tatsächlichen Belastung der Kläranlage in EW und der aktuellen Zahl der angeschlossenen Einwohner

Nach Auskunft der Stadtwerke Schlitz sind 7.003 (Stand Mai 2017) Einwohner an die Kläranlage Schlitz angeschlossen. Angaben über die Abwasserfrachten angeschlossener Gewerbe- und Industriebetriebe liegen den Stadtwerken Schlitz nicht vor.

Die Auswertung der Betriebsdaten (siehe Tab. 3-13) ergab eine rechnerische mittlere CSB-Belastung inklusive Rückbelastung von 964 kg/d entsprechend 8.036 EW. Auffällig sind bei den Zulauffrachten die durch die Rückbelastung aus den Schlammwässern und Zentraten erhöhten N- und P-Frachten.

Werden die Zulauffrachten von der mittleren Rückbelastung aus Schlammwässern und Zentraten bereinigt, ergibt sich für die Zulauffrachten bzw. Einwohnerwerte ein vergleichsweise einheitliches Bild von ca. 7.155 EW<sub>CSB</sub>, was in etwa den angeschlossenen natürlichen Einwohnern entspricht.

Dargestellt sind weiterhin die Frachten aus dem Ablauf der Vorklärung, erforderlich für den Nachweis der vorhandenen Belebungsanlage.

Tab. 3-13: Zulaufbelastung der Kläranlage Schlitz 2016

Frachten	Zulauf 2016 inklusive Rückbelastung						Zulauf 2016 ohne Rückbelastung		
	CSB kg/d	CSB <sub>nit</sub> kg/d	TN <sub>b</sub> kg/d	NH <sub>4</sub> -N kg/d	P <sub>ges</sub> kg/d	TS kg/d	CSB kg/d	TN <sub>b</sub> kg/d	P <sub>ges</sub> kg/d
<b>Mittelwert</b>	<b>964</b>	<b>475</b>	<b>114,4</b>	<b>71,9</b>	<b>18,4</b>	<b>364</b>	<b>859</b>	<b>89,5</b>	<b>13,4</b>
Minimum	110		43,7	14,3	5,3	48			
Maximum	2.433		255,9	212,7	130,8	1.198			
85-Perzentil	1.344	662	153,9	93,5	23,7	539			
Frachten	Ablauf Vorklämung 2016 inklusive Rückbelastung						Ablauf Vorklämung 2016 ohne Rückbelastung		
	CSB kg/d	CSB <sub>nit</sub> kg/d	TN <sub>b</sub> kg/d	NH <sub>4</sub> -N kg/d	P <sub>ges</sub> kg/d	TS kg/d	CSB kg/d	TN <sub>b</sub> kg/d	P <sub>ges</sub> kg/d
Wirkungsgrad VKB	22%	0%	8%	0%	11%	44%	22%	8%	11%
<b>Mittelwert</b>	<b>755</b>	<b>475</b>	<b>105,2</b>	<b>71,9</b>	<b>16,3</b>	<b>205</b>	<b>672</b>	<b>82,4</b>	<b>11,9</b>
85-Perzentil	1.052	662	141,5	93,5	21,0	303			
Einwohnerwerte	Zulauf 2016 inklusive Rückbelastung			Zulauf 2016 ohne Rückbelastung					
	CSB EW <sub>120</sub>	TN <sub>b</sub> EW <sub>11</sub>	P <sub>ges</sub> EW <sub>1,8</sub>	CSB EW	TN <sub>b</sub> EW	P <sub>ges</sub> EW			
<b>Mittelwert</b>	<b>8.036</b>	<b>10.398</b>	<b>10.202</b>	<b>7.155</b>	<b>8.141</b>	<b>7.425</b>			
Minimum	914	3.973	2.967						
Maximum	20.272	23.263	72.686						
85-Perzentil	11.197	13.987	13.161						

### 3.3.7 Entwicklung der EW-Werte in den Jahren 2013 bis 2016

Um die langfristigen Auswirkungen der Verfahrensumstellung der Kläranlage Schlitz insbesondere durch die zusätzlich angelieferten Schlämme und Co-Substrate deutlich zu machen, werden in den nachfolgenden Abb. 3-23 bis Abb. 3-25 die Zulauf-Frachten als Einwohnerequivalente (EW) für die Parameter CSB, N und P dargestellt.

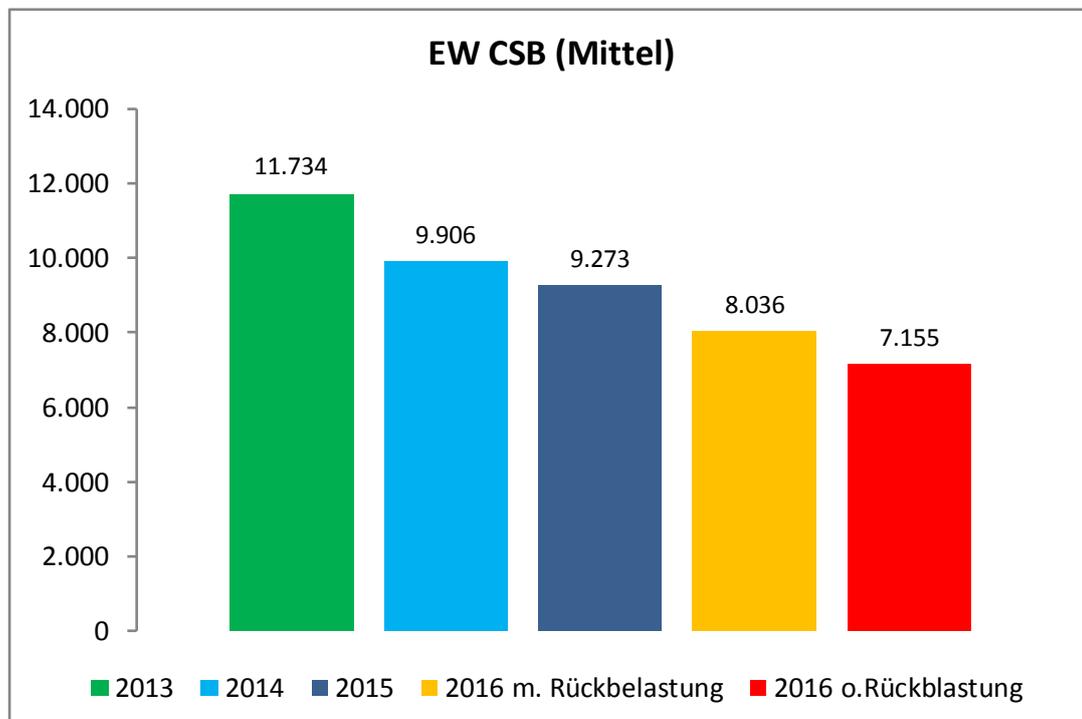


Abb. 3-23: Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als EW<sub>CSB</sub>

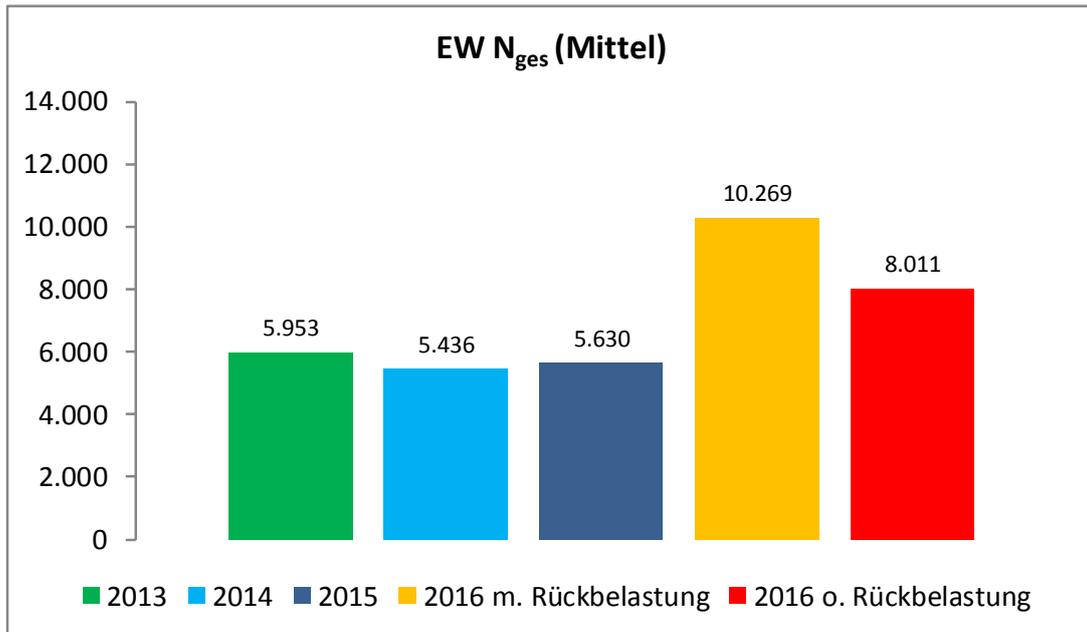


Abb. 3-24: Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als  $EW_N$

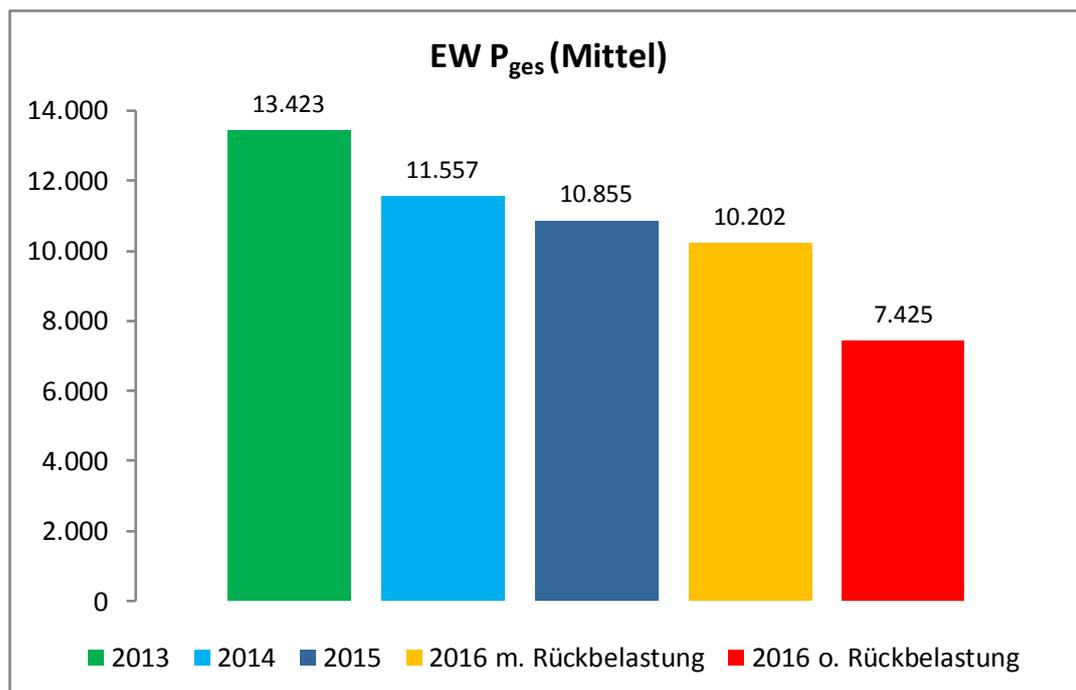


Abb. 3-25: Mittlere Belastung der Kläranlage Schlitz in den Jahren 2013 bis 2016, ausgedrückt als  $EW_P$

Nach den vorliegenden Messwerten hat die Belastung der Kläranlage Schlitz in den letzten Jahren deutlich abgenommen. Dies deckt sich allerdings nicht mit den Einwohnerzahlen, die zwar geringfügig abgenommen haben, aber nicht in dem Umfang der Messwerte der vergangenen 4 Jahre. Es ist zudem der erhebliche Anstieg insbesondere der Stickstoffverbindungen, bedingt durch die Rückbelastung aus der Schlammbehandlung nach Annahme externer Schlämme und Co-Substrate sowie nach Schlammbehandlung durch Faulung, zu erkennen.

### 3.3.8 Entwicklung der Ablaufwerte in den Jahren 2013 bis 2016

Von besonderer Bedeutung ist die Frage, ob und inwieweit die Veränderungen der Verfahrenstechnik und des Gesamt-Konzeptes der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf zu einer Änderung ggf. sogar zu einer Verschlechterung der Ablaufwerte geführt haben. Diese Frage ist vor allem interessant aufgrund der zusätzlich angenommenen Schlämme und Co-Substrate, die zu einer deutlichen Erhöhung der Rückbelastung und damit der in der Anlage zu verarbeiteten Frachten, insbesondere der Stickstofffrachten geführt haben.

Die nachfolgende Tab. 3-14 sowie die Abb. 3-26 zeigen die Ablaufwerte der Jahre 2013 bis 2016. Es ist ein leichter Anstieg im Jahr 2016 gegenüber den Jahren 2014 und 2015 zu erkennen.

Tab. 3-14: Zusammenstellung der Ablaufwerte BSB<sub>5</sub>, CSB, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ges</sub> und P<sub>ges</sub> der Jahre 2013 bis 2016, jeweils Mittelwerte und 85-Perzentil

Jahr	BSB <sub>5</sub>		CSB		NH <sub>4</sub> -N		N <sub>ges</sub>		P <sub>ges</sub>	
	Mittel	85-Perc.	Mittel	85-Perc.	Mittel	85-Perc.	Mittel	85-Perc.	Mittel	85-Perc.
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
2013	2,7	4,7	20,7	28,8	1,73	3,88	4,86	8,00	0,61	0,90
2014	3,8	6,5	23,8	30,4	1,26	2,60	3,89	5,68	0,79	1,20
2015	4,2	6,5	24,2	32,5	1,16	1,90	3,96	5,37	1,01	1,50
2016	4,8	6,0	27,6	33,9	2,07	3,90	6,74	9,04	1,23	1,50

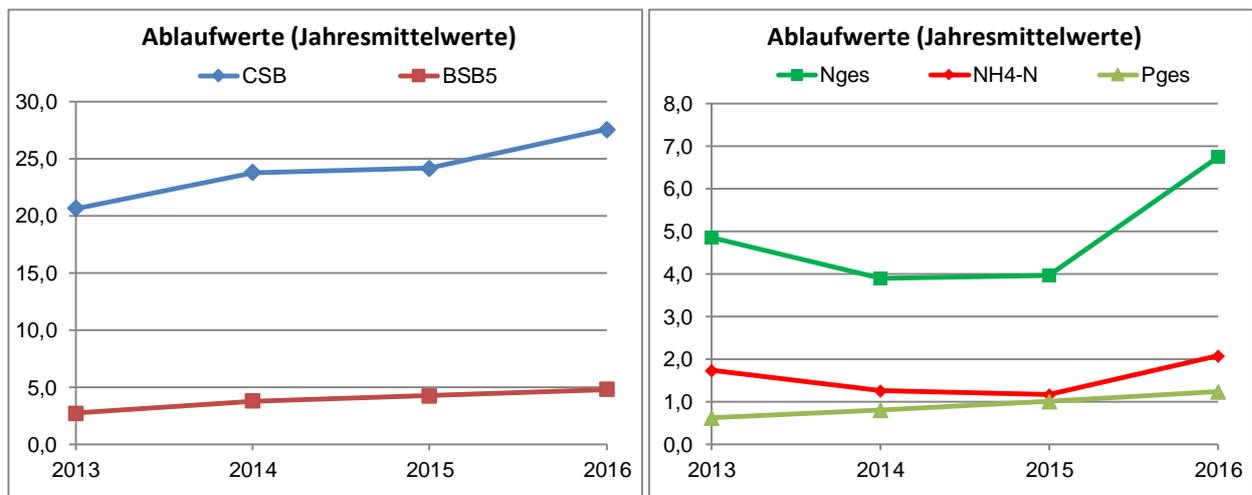


Abb. 3-26: Ablaufwerte BSB<sub>5</sub>, CSB, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ges</sub> und P<sub>ges</sub> der Jahre 2013 bis 2016, Mittelwerte

Die Überwachungswerte wurden während des Jahres 2016 an einigen Tagen insbesondere bei den Stickstoffverbindungen überschritten. Diese Überschreitungen sind in der nachfolgenden Tab. 3-15 zusammengestellt. Der CSB-Überwachungswert von 70 mg/l wurde in 2016 immer eingehalten; beim BSB<sub>5</sub> wurden vereinzelte Überschreitungen des Überwachungswertes von 15 mg/l festgestellt. Der NH<sub>4</sub>-N-Überwachungswert von 8,0 mg/l wurde bis auf 2 Messwerte im Januar 2016 ebenfalls immer eingehalten, obwohl bei Ablaufwerten bis zu 6 mg/l nicht mehr von einer stabilen weitgehenden Nitrifikation gesprochen werden kann. Der N<sub>ges</sub>-Überwachungswert von 9,6 mg/l wurde in 2016 insgesamt 18 mal überschritten. Als Grund kann entweder eine zu geringe Denitrifikationszeit angenommen werden, da als primärer Parameter die Einhaltung des NH<sub>4</sub>-N-Überwachungswertes in der Steuerung hinterlegt ist, oder aber zu wenig leicht abbaubare

organische Stoffe aufgrund der Abtrennung in der Vorklärung. Eine nachträgliche Ursachenforschung hierzu ist nicht möglich.

Tab. 3-15: Überschreitungen der Überwachungswerte im Rahmen der Eigenkontrolle sowie des Messprogramms

Überschreitungen der Überwachungswerte				
Parameter	Anzahl der Werte	Häufigkeit der Überschreitung	Überwachungswert	Maximalwert
	n		mg/l	mg/l
CSB	121	0	70	49
BSB <sub>5</sub>	116	2	15	22
N <sub>ges</sub>	192	18	9,6	19,7
NH <sub>4</sub> -N	193	2	8	13,8
P <sub>ges</sub>	194	5	2	4,6

### 3.4 Energiecheck

Der Energiecheck vor Umbau wurde auf der Basis der Betriebstagebücher der Jahre 2013 bis 2015 erarbeitet (siehe Kap. 2.2.3). Aufgrund der in Kap. 2.2.6 erläuterten Verzögerungen bei der Realisierung insbesondere der Undichtigkeiten des Faulbehälters ist die energetische Bilanzierung über das gesamte Jahr 2016 nicht wirklich zielführend.

Lediglich der Zeitraum Oktober – Dezember 2016 kann als stabil betriebener Zeitraum bezeichnet werden, so dass der Energiecheck sich zunächst auch auf diesen Zeitraum bezieht.

Die Faulgasproduktion des gesamten Jahres 2016 wurde ergänzend auf der Basis der dokumentierten Primär- und Überschussschlammengen der Kläranlage Hutzdorf, der extern von benachbarten Kläranlagen angenommenen Fremdschlämme sowie der angenommenen sonstigen Co-Substrate hochgerechnet. Die Hochrechnung erfolgte auf der Grundlage der von den Schlämmen und Substraten bestimmten Faulgaserträge anhand der Gasbildungspotentiale GB 21. Die solare Klärschlamm-trocknung wurde in 2016 im Januar und Februar nicht betrieben.

Die nachfolgende Tab. 3-16 zeigt dennoch die Monatssummen des Gesamt-Energieverbrauchs 2016 im Vergleich zu den Jahren 2014 und 2015 sowie die Stromproduktion durch das BHKW und den Eigenversorgungsgrad in 2016. Daraus sind folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Der Gesamt-Stromverbrauch des Jahres 2016 liegt mit ca. 470.000 kWh deutlich über dem Stromverbrauch der Jahre 2014 und 2015. Dies ist durch die erheblich größere Anzahl an Aggregaten in Vorklärung, Überschussschlamm-eindickung, Schlamm- und Substratannahme, Faulung und Gasnutzung begründet. Aufgrund der zusätzlich angenommenen Schlämme und Substrate sowie der Umstellung der Verfahrenstechnik der Schlammbehandlung auf Faulung ist eine erhöhte Rückbelastung mit entsprechend erhöhtem Belüftungsaufwand insbesondere für die Nitrifikation zu verzeichnen.
- Die Gasnutzung im BHKW startet im Januar 2016 nach Inbetriebnahme der Faulung mit geringen Werten und bricht ein im Juli/August bedingt durch die Außerbetriebnahme und Sanierung des Faulbehälters.

Tab. 3-16: Monatssumme des Gesamt-Energieverbrauchs 2016 im Vergleich zu den Jahren 2014 und 2015 sowie Stromproduktion durch das BHKW und Eigenversorgungsgrad

	2014	2015	2016					
			Verbrauch gesamt	Verbrauch ohne Trocknung	BHKW Erzeugung	Eigenversor- ungsgrad	Einspei- sung	Fremd- bezug
	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	%	kWh/Mo.	kWh/Mo.
Januar	34.154	32.643	31.724	31.574	4.947	15,67	87	26.864
Februar	29.774	28.913	36.367	36.217	13.426	37,07	48	22.989
März	29.481	28.193	38.306	31.806	13.076	41,11	232	25.463
April	30.029	28.304	41.950	34.950	29.025	83,05	3.651	16.575
Mai	30.938	26.633	43.439	35.439	25.817	72,85	2.559	20.181
Juni	28.974	34.129	41.640	33.640	16.268	48,36	390	25.761
Juli	35.180	32.258	38.913	30.413	7.775	25,56	97	31.235
August	32.587	26.139	35.855	27.855	15.795	56,70	728	20.788
September	29.228	27.251	36.267	28.737	17.568	61,14	1.185	19.884
Oktober	37.115	30.565	38.818	31.318	24.618	78,61	3.267	17.467
November	27.423	24.876	41.347	33.847	30.370	89,73	4.589	15.566
Dezember	30.348	35.637	44.672	37.172	33.441	89,96	4.139	15.370
<b>Jahressummen</b>	<b>375.231</b>	<b>355.541</b>	<b>469.297</b>	<b>392.967</b>	<b>232.126</b>	<b>59,07</b>	<b>20.972</b>	<b>258.143</b>

Tab. 3-17: Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamt-Energieverbrauch 2016

Verbrauchergruppe	Anteil	kWh/a
Zulaufpumpwerk	9,9%	46.501
Pumpwerk Sandlofs	1,6%	7.444
Rechen und Sandfang	4,1%	19.068
Vorklärung	0,5%	2.176
Belüftung	28,0%	131.629
Belebung	6,0%	28.378
Schlammbehälter u. ÜS-Eindickung	4,8%	22.668
Faulung	9,3%	43.850
BHKW, Gasaufbereitung, Heizung	4,8%	22.344
Betriebsgebäude	2,9%	13.428
Schlammwässerung	9,0%	42.256
solare Klärschlamm-trocknung	16,3%	76.329
sonstiges	2,8%	13.226
<b>Summe</b>	<b>100%</b>	<b>469.297</b>

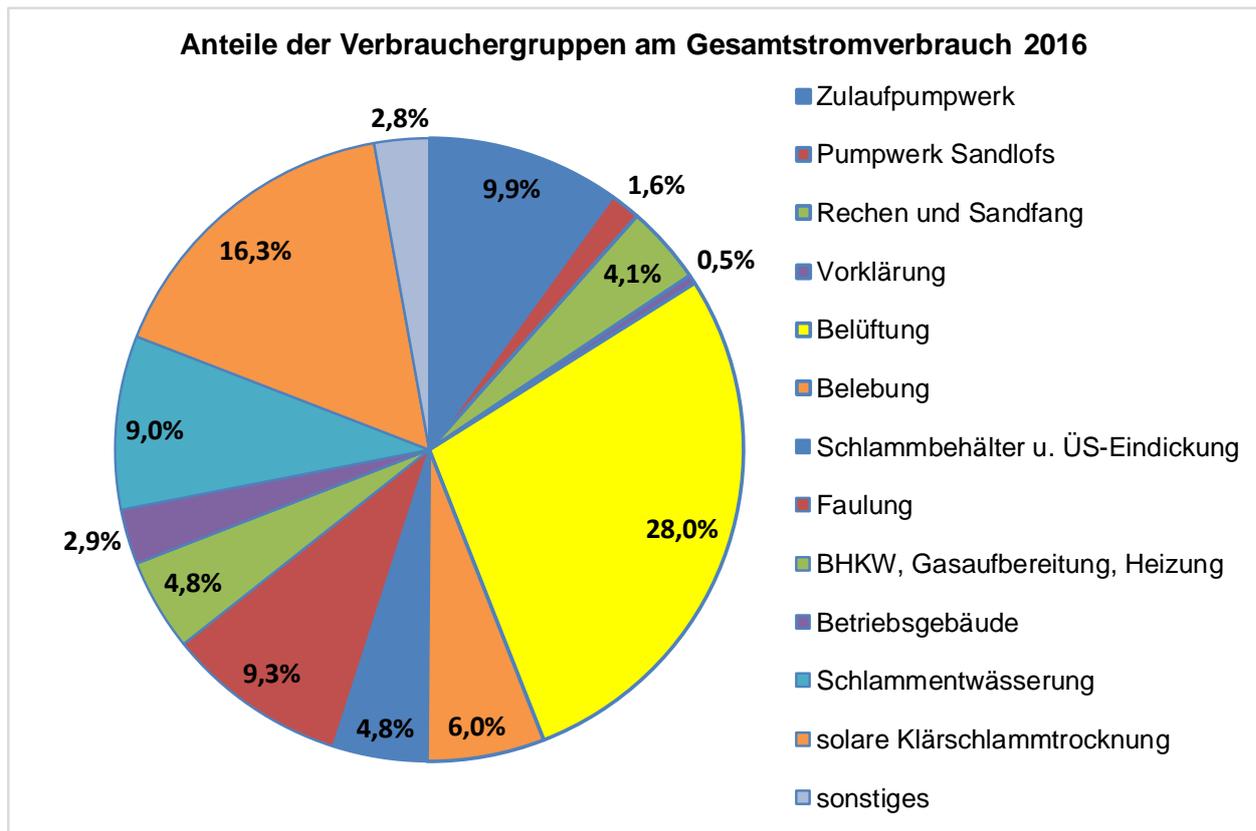


Abb. 3-27: Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamt-Energieverbrauch 2016

Die nachfolgende Tab. 3-18 zeigt die Kennwerte des Energiechecks für die Kläranlage Schlitz nach Umbau, errechnet mit 3 verschiedenen Grunddaten:

- auf der Basis der Monate Oktober bis Dezember 2016 (stabiler Betrieb)
- mit den gemessenen Daten des gesamten Jahres 2016 (inkl. der reduzierten Faulgaserausföhrung und –Produktion aufgrund des undichten Faulbehälterkopfes in der ersten Jahreshälfte)
- mit hochgerechneten Faulgaserausföhrungen sowie sich daraus ergebender Energieproduktion bei optimierter Faulung (Basis GB 21-Gaserausföhrungen der einzelnen Substrate)

Tab. 3-18: Kennwerte des Energiechecks 2016 nach Umbau der Kläranlage Schlitz, mittlere angeschlossene EW

Zeitraum			1.10.-31.12.2016	2016 (ges.)	2016 (ges.)
			Messwerte stabiler Betrieb	Messwerte inkl. undichter Gashaube und Sanierungszeit	theoretische Gasproduktion nach GB 21
Einwohnerwerte bezogen auf CSB 120 g/(E*d)	$E_{W_{CSB}}$	[E]	7.314	7.155	7.155
Stromverbrauch gesamt	$E_{ges}$	[kWh/a]	124.836	469.297	469.297
Stromverbrauch gesamt ohne Trocknung	$E_{ges}$	[kWh/a]	102.336	392.967	392.967
Stromverbrauch Belüftung	$E_{Bel}$	[kWh/a]	35.049	131.629	131.629
Stromverbrauch Pumpwerk	$E_{PW}$	[kWh/a]	10.518	46.501	46.501
Stromproduktion BHKW	$E_{KWK,el}$	[kWh/a]	88.428	232.126	390.684
extern zugeführte Energie zur Wärmeversorgung	$E_{th,ext}$	[kWh/a]	16.752	50.257	0
organische Trockenmasse, dem Faulbehälter zugeführt	$B_{a,oTM}$	[kg oTM/a]	105.733	410.885	410.885
organische Trockenmasse, dem Faulbehälter zugeführt, Jahresmittel	$B_{d,oTM,aM}$	[kg oTM/d]	1.161,9	1.122,6	1.122,6
Faulgasmenge gesamt	$Q_{FG,a}$	[m³/a]	48.817	145.386	205.477
Faulgasmenge, Jahresmittel	$Q_{FG,d,aM}$	[m³/d]	536	397	561
Methanengehalt	$g_{CH_4}$	[%]	64,3%	62,1%	63,5%
Methanmenge	$Q_{CH_4,a}$	[m³/a]	31.365	90.232	130.525
Fördermenge Zulaufpumpwerk	$Q_{PW}$	[m³/a]	212.050	988.605	988.605
manometr. Förderhöhe	$h_{man}$	[m]	6,89	6,89	6,89
spez. Gesamt-Stromverbrauch (ohne Trocknung)	$e_{ges}$	[kWh/(E*a)]	56,3	54,9	54,9
spez. Stromverbrauch der Belüftung	$e_{Bel}$	[kWh/(E*a)]	19,3	18,4	18,4
spez. Faulgasproduktion bez. auf den Einwohnerwert	$e_{FG}$	[l/(E*d)]	73,3	55,5	78,5
spez. Faulgasproduktion bez. auf die zugeführte organische Trockenmasse	$Y_{FG}$	[l/kg oTM]	461,7	353,8	500,1
Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität	$N_{FG}$	[%]	28,2%	25,8%	30,0%
Eigenversorgungsgrad	$EV_{el}$	[%]	86,4	59,1	99,4
spez. externer Strombezug	$e_{el,ext}$	[kWh/(E*a)]	7,6	22,5	0,3
spez. externer Wärmebezug	$e_{th,ext}$	[kWh/(E*a)]	9,2	7,0	0,0
spez. Stromverbrauch Pumpwerk	$e_{PW}$	[Wh/(m³*m)]	7,2	6,8	6,8

Folgende Punkte sind bei der Wertung des Energiechecks 2016 zu beachten:

- Die Bewertung der Daten des Energiechecks 2016 erfolgt ohne Berücksichtigung des Energieverbrauchs der solaren Klärschlamm-trocknung, da diese eine für Kläranlagen dieser Größenordnung nicht übliche Verfahrenstechnik zur weiteren Klärschlammbehandlung ist. Zudem ist die solare Klärschlamm-trocknung nicht in den Auswertungen des DWA-A 216 enthalten.
- Im Vergleich zum Energiecheck der Jahre 2013 bis 2015 konnte in 2016 die Rückbelastung aus Schlammwasser und Zentrat berücksichtigt (herausgerechnet) werden, da erstmals Daten aus dem Messprogramm vorlagen.
- In 2016 wurden noch keine energetischen Optimierungen durchgeführt, so dass der gesamte Energieverbrauch der Anlage – begründet durch die erheblichen zusätzlich errichteten Aggregate aus Vorklärung, Schlamm- und Substratannahme, Schlammvoreindickung, Faulung etc. – im Vergleich zu 2013 bis 2015 deutlich angestiegen ist. Der spezifische Gesamt-Energieverbrauch  $e_{ges}$  liegt mit ca. 55 bis 56 kWh/(E\*a) auf einem sehr hohen Niveau

- Die angeschlossenen Einwohnerwerte sind deutlich zurückgegangen, von ca. 10.300 EW (inkl. Rückbelastung) in 2013 auf nur noch 7.155 EW (ohne Rückbelastung) in 2016; dieser Rückgang ist nicht nachvollziehbar und konnte auch mit dem Auftraggeber nicht nachvollzogen werden.
- Die Faulgasfassung und Nutzung war in der ersten Jahreshälfte 2016 durch eine Undichtigkeit des Faulbehälterkopfes eingeschränkt; daher musste der Faulbehälter im Zeitraum 3. bis 15. Juli außer Betrieb genommen und saniert sowie anschließend wieder angefahren werden. Daher entsprechen die Faulgasmengen sowie die Faulgasnutzung bis ca. September 2016 nicht den bei optimalem Betrieb anfallenden Mengen. Ein stabiler Betrieb kann erst im letzten Quartal 2016 (Oktober – Dezember 2016) angenommen werden. In den nachfolgenden Abbildungen finden sich spezifische Werte für das gesamte Jahr 2016 sowie für das 4. Quartal 2016.
- Die spezifische Faulgasproduktion lag während der stabilen Betriebsphase im 4. Quartal 2016 mit ca. 460 l/kg oTR bei einem spezifisch hohen Wert, insbesondere unter Berücksichtigung der erheblichen Mengen an Überschussschlämmen aus den externen Kläranlagen, die nicht über Vorklärungen verfügen, und daher nur einen spezifisch geringen Faulgasertrag aufweisen.
- Der Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie lag während der stabilen Betriebsphase im 4. Quartal 2016 bei über 85 %, was für eine derart kleine Kläranlage ein hoher Wert ist, aber durch zusätzliche Substratannahme und durch eine energetische Optimierung der Kläranlage noch erhöht werden kann.

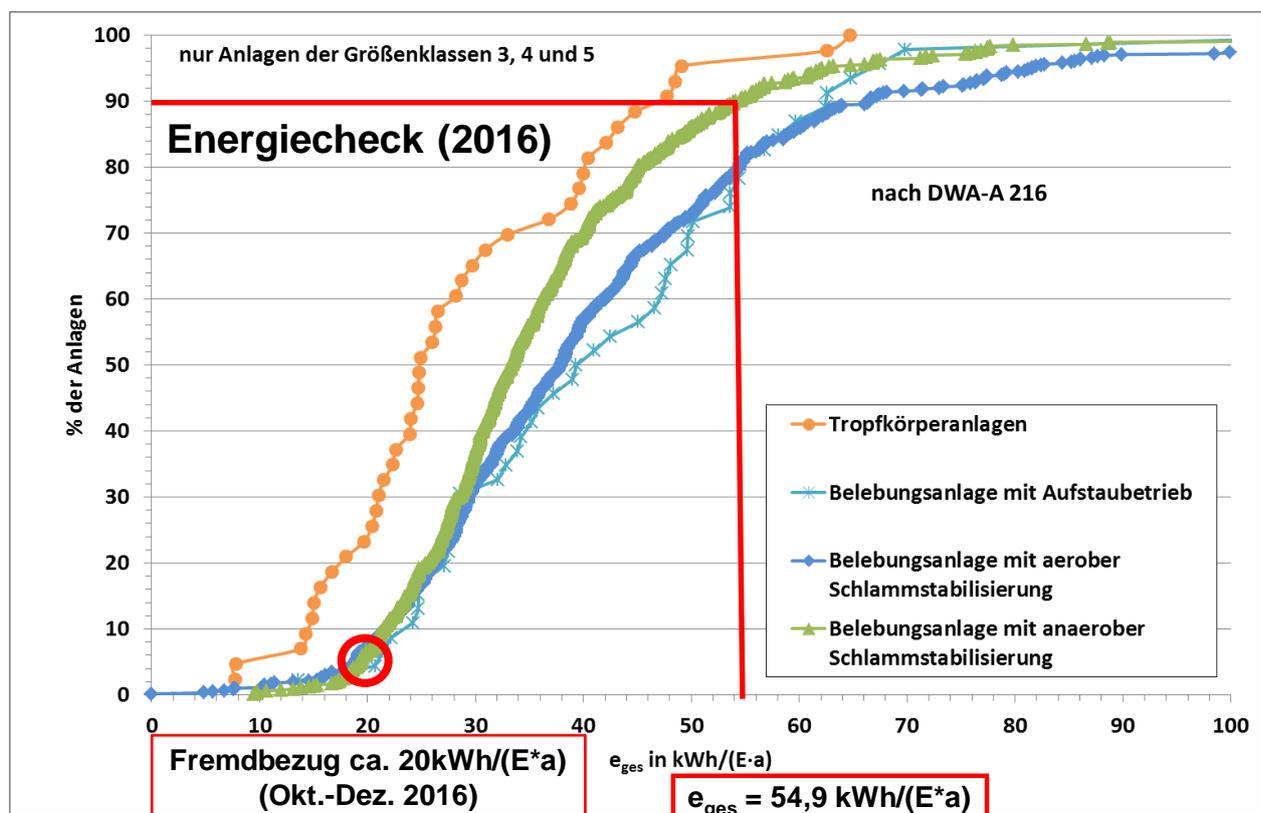


Abb. 3-28: Energiecheck nach Umbau, spezifischer Stromverbrauch  $e_{ges}$  ohne Berücksichtigung der solaren Klärschlamm-trocknung auf der Basis der Daten des Betriebsstabgebüches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216

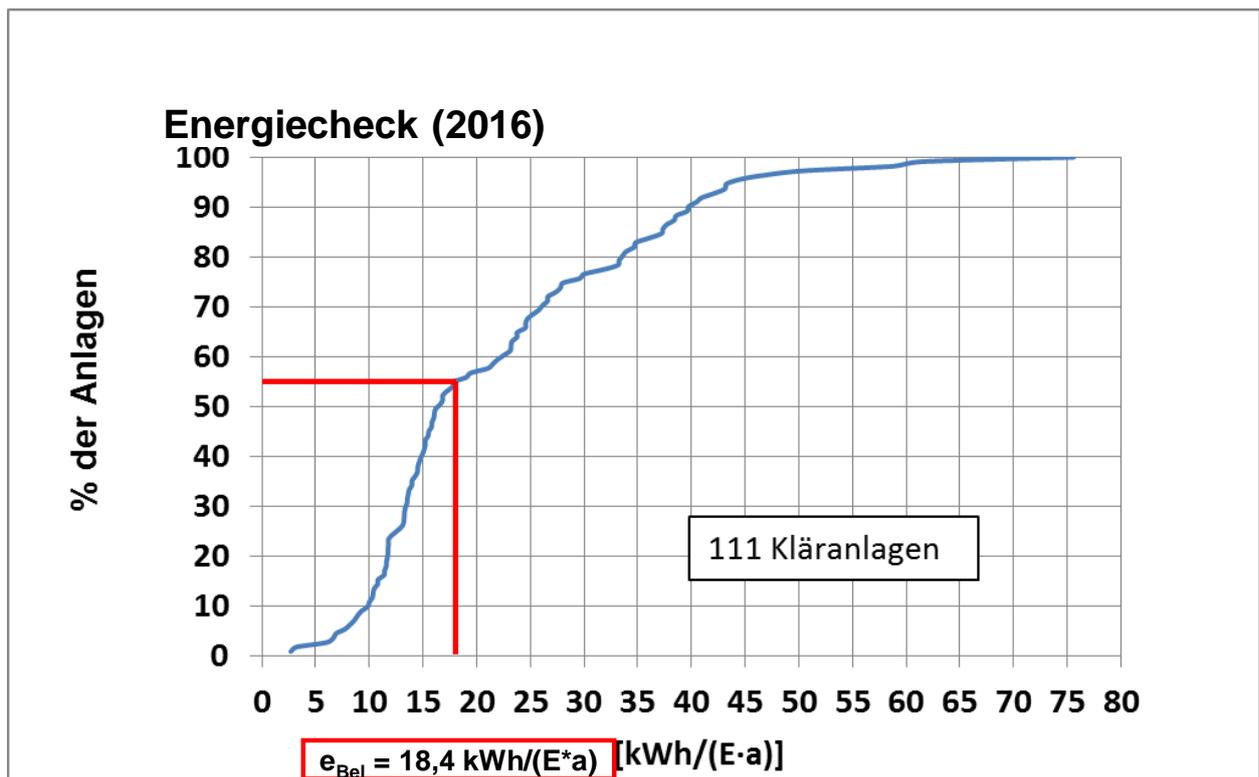


Abb. 3-29: Energiecheck nach Umbau, spezifischer Stromverbrauch der Belüftung  $e_{\text{Bel}}$  auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216

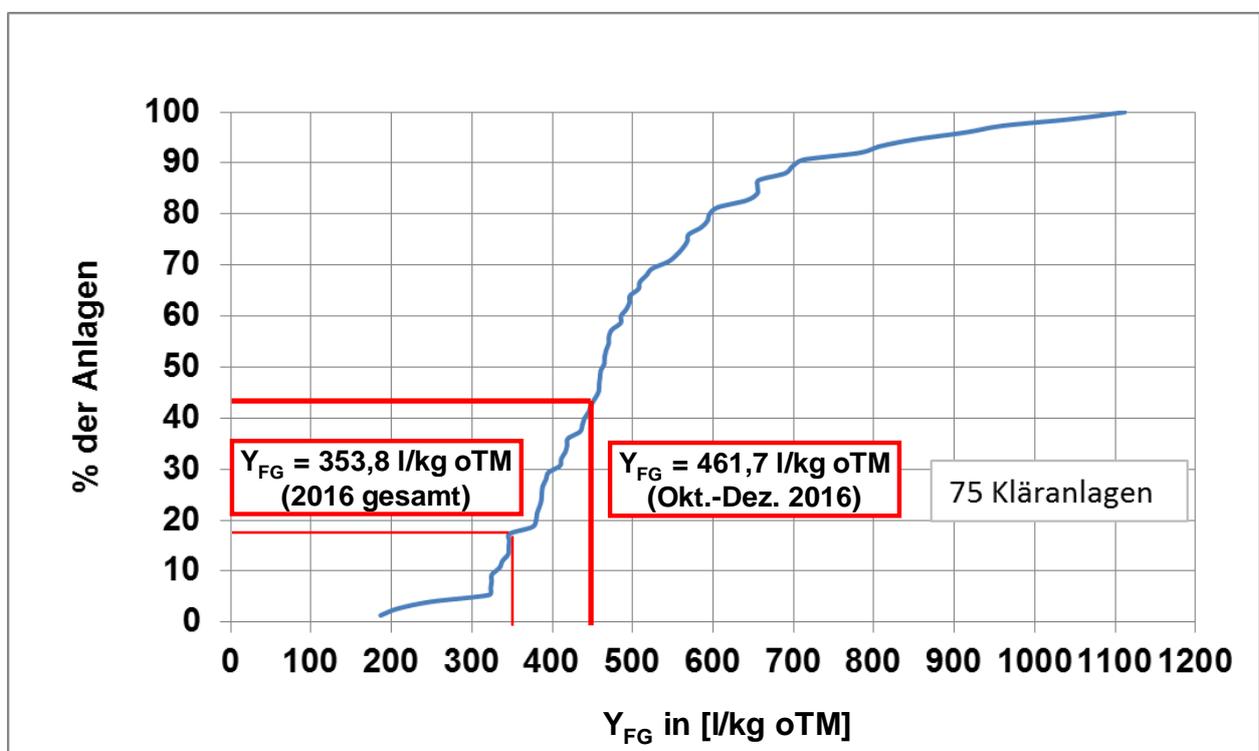


Abb. 3-30: Energiecheck nach Umbau, spez. Faulgasproduktion in Bezug auf die der Faulung zugeführte organische Trockenmasse  $Y_{\text{FG}}$  auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216

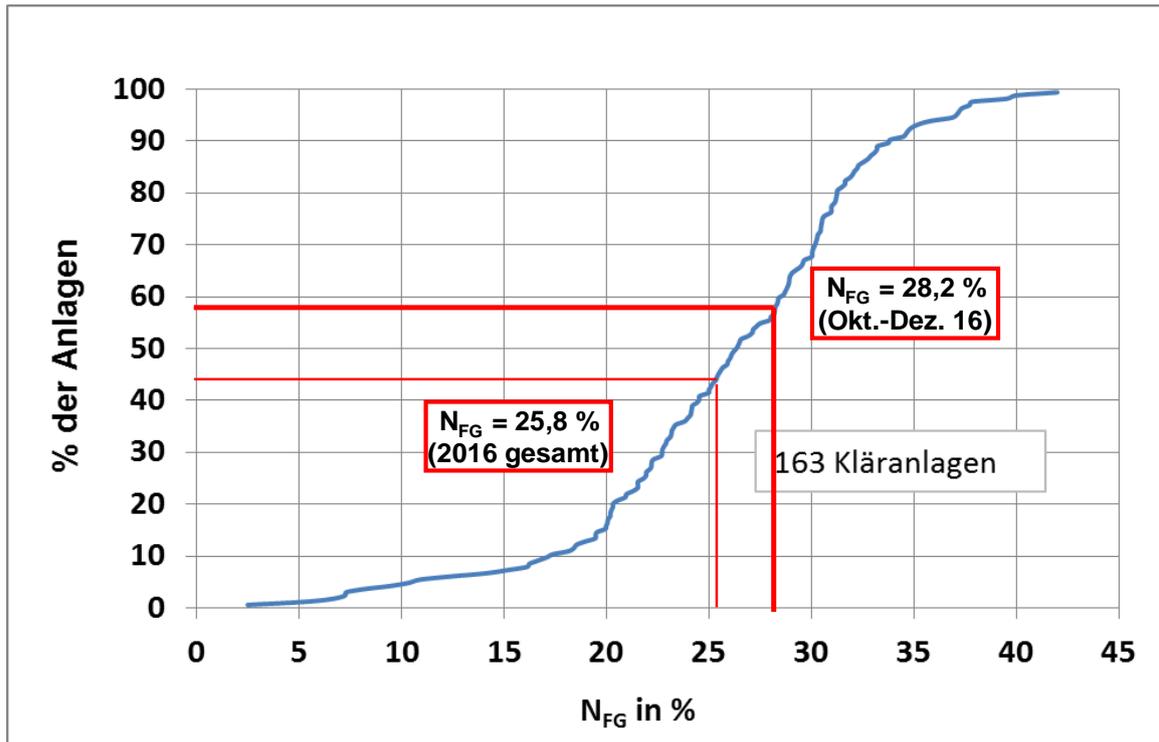


Abb. 3-31: Energiecheck nach Umbau, Grad der Faulgasumwandlung  $N_{FG}$  auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216

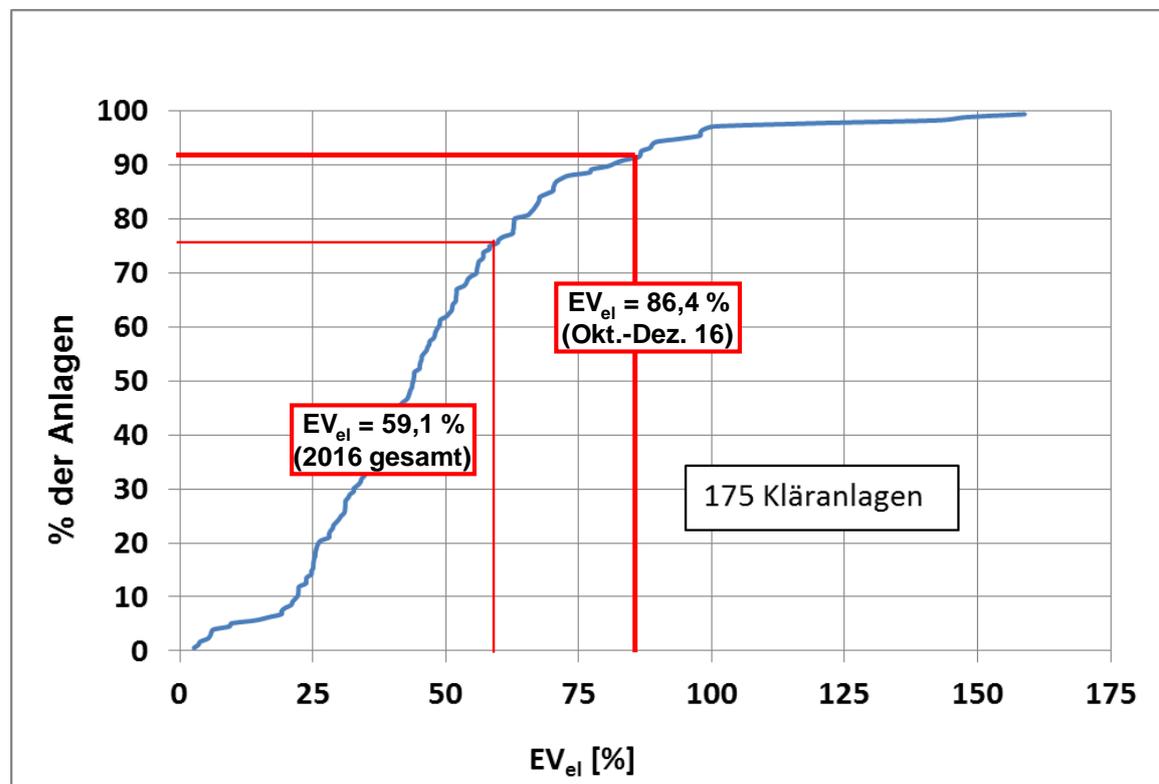


Abb. 3-32: Energiecheck nach Umbau, Eigenversorgungsgrad  $EV_{el}$  ohne Berücksichtigung der solare Trocknung auf der Basis der Daten des Betriebstagebuches im Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des DWA-A 216

Der Eigenversorgungsgrad (siehe Abb. 3-33) mit elektrischer Energie in 2016 ist geprägt durch die Inbetriebnahme des BHKW Anfang des Jahres 2016 sowie durch die Betriebsunterbrechung der Faulung im Sommer (Juni / Juli) bedingt durch die Sanierung des Faulbehälterkopfes und dem anschließenden Wiederaufstarten des Faulbehälters im August 2016.

Zum Jahresende hat sich ein stabiler Betrieb eingestellt; der Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie hat sich stabilisiert auf ca. 90 %.

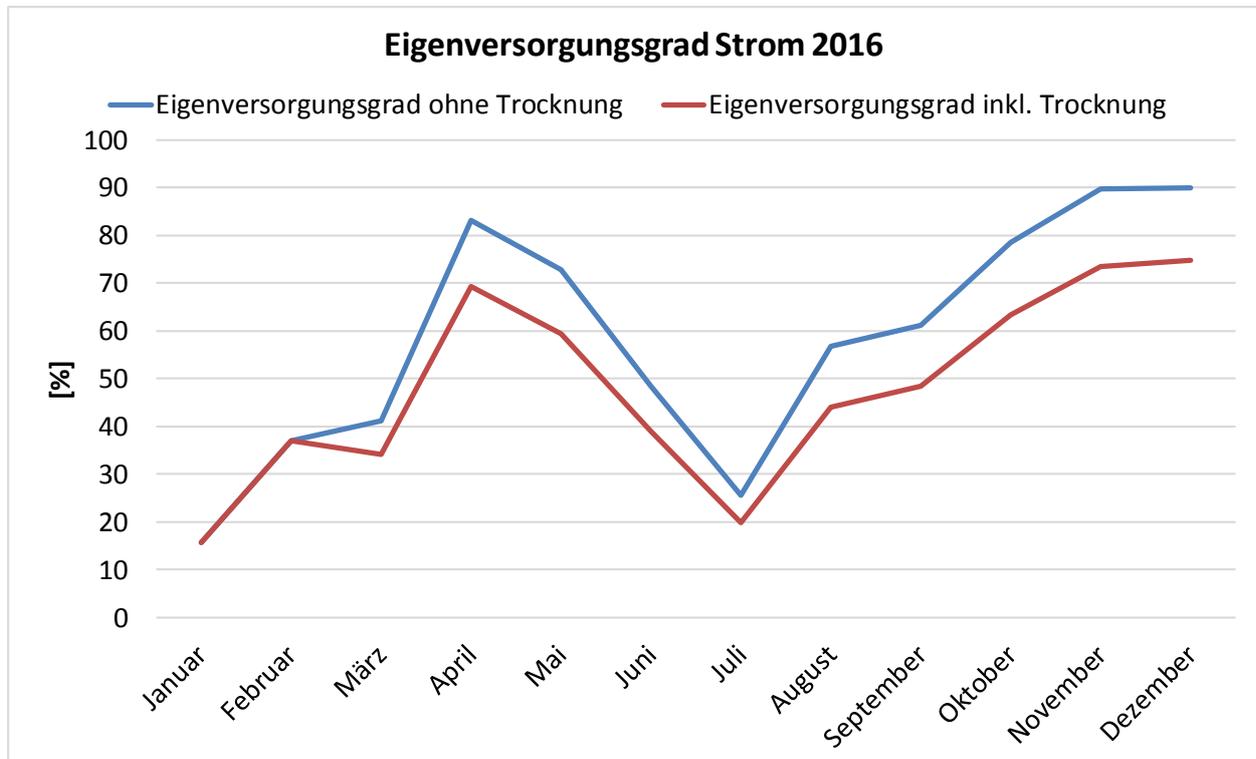


Abb. 3-33: Verlauf des Eigenversorgungsgrads  $EV_{el}$  mit und ohne Berücksichtigung der solare Trocknung

### 3.5 Energieanalyse

#### 3.5.1 Bestandsaufnahme des Ist-Zustands

Im Rahmen des Messprogramms und der durchgeführten Leistungsmessung wurde die Kläranlage Schlitz-Huttdorf mehrfach genau begangen. Vor Beginn des Messprogramms wurde in einem ersten Ortstermin am 20.08.2015 zwischen den Stadtwerken Schlitz als Auftraggeber und der TransMIT GmbH als Auftragnehmer exakt abgestimmt, wer welche Aufgaben bei der Durchführung von Messprogramm und Leistungsmessung hat.

Die Durchführung von Messprogramm und Leistungsmessung erfolgte unter regelmäßiger und sehr kooperativer Abstimmung zwischen den Mitarbeitern der Stadtwerke Schlitz und der TransMIT GmbH.

Die Anlagen- und Verfahrensbeschreibung der Kläranlage Schlitz-Huttdorf nach Durchführung der Maßnahme ist bereits in Kap. 2.2.5 und 2.2.6 enthalten. Der für dieses Projekt besonders wichtige Klärschlammverwertungsverbund mit Einbindung der Verwertung von Co-Substraten ist in Kap. 2.3 erläutert.

Die gemäß DWA-A 216 heranzuziehenden Unterlagen und Daten der Anlage sowie des Einzugsgebiets sind nachfolgend in den einzelnen Kapiteln zusammengestellt.

Der Betrachtungszeitraum für die Energieanalyse ist das Kalenderjahr 2016, in dem das Messprogramm sowie die Datenerhebung für die Stromverbrauchsmessungen erfolgten.

Die Stromverbrauchsmessungen wurden aufgrund der Inbetriebnahmephase der Gesamtanlage nach Umbau und aufgrund der Faulbehältersanierung im Herbst 2016 durchgeführt.

### 3.5.2 Aggregatliste

Auf der Basis des R/I-Fließbildes sowie durch Inaugenscheinnahme vor Ort wurde die nachfolgende Aggregatliste erstellt.

Tab. 3-19: Aggregatliste nach Umbau der Kläranlage Schlitz mit Anschlussleistung

<b>Einwohnerwerte (i.M.)</b>		<b>Ohne Rückbelastung 7.155 EW<sub>120</sub></b>
		<b>Mit Rückbelastung 8.036 EW<sub>120</sub></b>
<b>Abwassermenge (i.M.)</b>	Trockenwetter	<b>2.050 m<sup>3</sup>/d</b>
<b>Abwassermenge (i.M.)</b>	gesamt	<b>2.701 m<sup>3</sup>/d</b>

Gebäude	Aggregat-Bezeichnung	Stromverbraucher	Anz.	Anschlussleistung je Aggregat kW
<b>Zulaufpumpw. Sandlofs</b>	<b>ZU P 1</b>	Pumpe Sandlofs 1	1	5,90
	<b>ZU P 2</b>	Pumpe Sandlofs 2	1	5,90
<b>Zulaufpumpwerk gesamt</b>	<b>ZU SM 1</b>	Zulaufschnecke 1 TW	1	11,00
	<b>ZU SM 2</b>	Zulaufschnecke 2 TW	1	11,00
	<b>ZU SM 3</b>	Zulaufschnecke 3 RW	1	20,70
	<b>ZU SM 4</b>	Zulaufschnecke 4 RW	1	22,00
	<b>ZU FP 1</b>	Fettpresse 1	1	0,05
	<b>ZU FP 2</b>	Fettpresse 2	1	0,05
	<b>ZU FP 3</b>	Fettpresse 3	1	0,05
	<b>ZU FP 4</b>	Fettpresse 4	1	0,05
	<b>ZU PN</b>	Probenehmer Zulauf	1	0,35
	<b>ZU MT</b>	Messtechnik, Zulauf	7	0,100
<b>Rechengebäude</b> <b>Rechen Regenwetter</b>	<b>RA 1</b>	Siebrechen RW	1	1,50
	<b>RA M 1</b>	Rechengutpresse, RW	1	1,50
<b>Rechen Trockenwetter</b>	<b>RA 2</b>	Siebrechen TW	1	1,50
	<b>RA M 2</b>	Förderer, Rechengut	1	0,75
	<b>RA M 3</b>	Rechengutwäscher	1	1,50
	<b>RA SB 1</b>	Schieber RGW	1	0,75
	<b>RA P 1</b>	Pumpe RGW, Kopf	1	2,20
	<b>RA P 2</b>	Pumpe RGW, unten	1	2,20
	<b>Ra MT</b>	Messtechnik,	4	0,035
	<b>RA V</b>	Ventilator, Rechengebäude	1	0,18
	<b>RA T</b>	Rolltor, Rechengebäude	1	0,50
	<b>RA GW</b>	Gaswarnanlage	1	0,05

<b>Regenüberlaufbecken</b>	<b>RÜ M</b>	Motor, Räumbrücke	1	0,37
<b>Zwischenpumpwerk</b>	<b>ZP PX 1+2</b>	Pumpe, Hochwasser	2	8,80
	<b>ZP-SB-1+2</b>	Schieber, Zwischenpumpwerk	2	0,75
	<b>ZP-PX-1</b>	Füllstand, Zwischenpumpwerk	1	0,01
<b>Sandfang</b>	<b>SA M</b>	Motor, Antrieb Räumbrücke	1	0,25
	<b>SA P</b>	Räumerpumpe (Mammutpumpe)	1	0,80
	<b>SA GB 1+2</b>	Gebläse, Sandfang	2	1,10
<b>Sandwaschgebäude</b>	<b>SA P 1</b>	Zuführpumpe, Sandwaschanlage	1	1,10
	<b>SA M1</b>	Rührwerk, Sandwaschanlage	1	0,55
	<b>SA P 2</b>	Pumpe, Sandwaschanlage	1	2,20
	<b>SA M 2</b>	Schnecke, Sandwaschanlage	1	0,75
	<b>SA V</b>	Ventilator, Sandwaschgebäude	1	0,06
	<b>SA T</b>	Rolltor, Sandwaschgebäude	1	0,50
	<b>BW P 1-3</b>	Pumpe, Brauchwasserversorgung	3	5,50
	<b>BW P 4</b>	Pumpe, Brauchwasserbrunnen	1	2,00
<b>Vorklärung</b>	<b>VK RM 1</b>	Motor, Antrieb Räumbrücke	1	0,75
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Räumschild, PS-Schlamm	1	0,25
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Räumschild, Schwimmschlamm	1	0,25
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Kabelaufwicklung	1	0,50
	<b>VK ZK 1</b>	Mazerator, PS-Schlamm	1	2,20
	<b>VK PX 1</b>	Pumpe, PS-Schlamm 1	1	2,20
	<b>VK PX 2</b>	Pumpe, PS-Schlamm 2	1	2,20
	<b>VK EP</b>	Pumpe, Entwässerung	1	0,50
	<b>VK L 1+2 +EP</b>	Füllstand	3	0,01
	<b>VK F 1+2</b>	Durchfluss	2	0,01
<b>Belebungsbecken Gebläsestation</b>		Gebläsestation gesamt		
	<b>BB GB 1</b>	Belüftungsgebläse 1	1	15,00
	<b>BB GB 2</b>	Belüftungsgebläse 2	1	15,00
	<b>BB GB 3</b>	Belüftungsgebläse 3	1	15,00
	<b>BB GB 4</b>	Belüftungsgebläse 4	1	15,00
	<b>BB SB 1</b>	Kulissenschieber	1	0,05
	<b>BB SB 2</b>	Schieber, Belüftungsgebläse	1	0,12
<b>Belebungsbecken</b>	<b>BB RW</b>	Rührwerk BB	1	2,30
	<b>BB P 1</b>	Pumpe, Sprühwasser	1	4,20
	<b>BB P 2</b>	Pumpe, Messtechnik	1	0,50
	<b>BB P 3+4</b>	Pumpe, Fällmittel	2	0,25
	<b>BB MT</b>	Messtechnik	5	0,035
<b>Nachklärbecken</b>	<b>NK RB</b>	Motor, Nachklärbeckenräumer	1	0,75
	<b>NK P 1</b>	Pumpe, Schwimmschlamm	1	1,10
	<b>NK M</b>	Rinnenreinigung	1	0,37
	<b>NK MT</b>	Messtechnik, Ablauf	4	0,035
	<b>NK P 2</b>	Pumpe, Messtechnik	1	0,50

	<b>NK PN</b>	Probenehmer Ablauf	1	0,35
	<b>PK PR 1</b>	Pumpe, Rücklaufschlamm 1	1	4,00
	<b>PK PR 2</b>	Pumpe, Rücklaufschlamm 2	1	4,00
	<b>PK PÜ</b>	Pumpe, Überschussschlamm	1	5,50
<b>Überschussschlamm- und Fremdschlammbehandlung</b>				
<b>Schlammbehälter</b>	<b>SB RW</b>	Rührwerk, Schlammbehälter	1	5,50
	<b>SB BH</b>	Begleitheizung, Schlammleitung	1	2,00
<b>ÜSS-Eindickung</b>				
	<b>ÜE ZK 1</b>	Mazerator, Dünnschlamm	1	2,20
	<b>ÜE P 1</b>	Pumpe, Dünnschlamm	1	4,00
	<b>ÜE A 1</b>	Eindickung, Huber	1	1,50
	<b>ÜE P 2</b>	Pumpe, Dickschlamm	1	1,50
	<b>ÜE P 3</b>	Pumpe, Flockmittelkonzentrat	1	0,25
	<b>ÜE P 4</b>	Pumpe, Gebrauchslösung	1	0,75
	<b>ÜE RW 1</b>	Rührwerk, Flockungsreaktor	1	0,18
	<b>ÜE RW 2</b>	Rührwerk, Reifebehälter	1	1,10
	<b>ÜE MT</b>	Messtechnik	14	0,050
	<b>ÜE V 1</b>	Ventilator, Gebäude Schlamm- wässerung	1	0,18
<b>Faulbehälter</b>				
	<b>FB ZK 1</b>	Mazerator, Fettannahme	1	3,00
	<b>FB P 1</b>	Pumpe, Fettannahme	1	4,00
	<b>FB PX 1</b>	Pumpe, Heizschlamm 1	1	5,50
	<b>FB PX 2</b>	Pumpe, Heizschlamm 2	1	5,50
	<b>AB V 1</b>	Ventilator, Treppenhaus	1	0,18
	<b>FB RW 1</b>	Rührwerk, Faulbehälter	1	2,20
	<b>FB MT</b>	Messtechnik	10	0,050
	<b>FB BHEIZ</b>	Begleitheizung, Wasser Entschäu- mer	1	1,00
<b>Gasaufbereitung</b>				
	<b>GA / GE MT</b>	Messtechnik, Gasaufbereitung	7	0,035
	<b>GE EP</b>	Pumpe, Entwässerung	1	0,50
	<b>GA GF 1</b>	Gasfackel	1	0,10
<b>Wärmeerzeugung/-verteilung</b>				
	<b>AL BK</b>	BHKW	1	0,70
	<b>AL PN</b>	Pumpe, Notkühlung BHKW	1	0,35
	<b>AL PU 1</b>	Pumpe, Umwälzung BHKW	1	1,74
		Ventilatoren, Notkühlung BHKW	2	0,68
	<b>AL HZ 1</b>	Heizkessel/Brenner	1	0,35
	<b>AL PU 1</b>	Pumpe, Umwälzung Heizkessel	1	1,74
	<b>AL PH 1</b>	Pumpen, Heizkreis 1 Schlamm- trocknung.	1	0,19
	<b>AL PH 2</b>	Pumpen, Heizkreis 2 Faulbehälter	1	0,19
	<b>AL PH 3</b>	Pumpen, Heizkreis 3 Gasvorwär- mung	1	0,19
	<b>AL MT</b>	Messtechnik, pauschal	1	0,05
<b>Nacheindicker</b>	<b>ND RW</b>	Rührwerk, Nacheindicker	1	11,00
<b>Schlammmentwässerung</b>				
	<b>PK PB 1</b>	Pumpe Beschickung Dekanter 1	1	4,00
	<b>PK PB 2</b>	Pumpe Beschickung Dekanter 2	1	4,00
		Schlammmentwässerung		

	<b>SE M 1</b>	Motor, Dekanter	1	37,00
	<b>SE M 2</b>	Motor, Dekanter Schnecke	1	11,00
	<b>SE M 3</b>	Förderschnecke 1	1	3,00
	<b>SE M 4</b>	Förderschnecke 2	1	3,00
	<b>SE M 5</b>	Förderschnecke 3	1	3,00
	<b>SE PW 1</b>	Rührwerk, Reifekammer	1	0,98
	<b>SE PW 2</b>	Rührwerk, Flockungsreaktor	2	0,80
	<b>SE P 1</b>	Pumpe, Polymerdosierung	2	1,10
	<b>SE M 3</b>	Schneckendosierer	1	0,30
	<b>SE MT</b>	Messtechnik, pauschal	1	0,05
<b>Fördertechnik</b>				
	<b>KT FB 1</b>	Förderband 1	1	1,50
	<b>KT FB 2</b>	Förderband 2	1	2,20
	<b>KT FB 3</b>	Förderband 3	1	2,20
	<b>KT FB 4</b>	Förderband 4	1	2,20
<b>Klärschlamm-trocknung</b>				
	<b>KT M 1</b>	Schwenkantrieb	1	0,20
	<b>KT RH</b>	Heizung, Rinne		3,50
	<b>KT SH</b>	Heizung, Schaltschrank		1,20
	<b>KT GK 1</b>	Giebelklappe Halle 1	1	0,20
	<b>KT VD 1</b>	Ventilator, Decke Halle 1	6	0,12
	<b>KT VW 1</b>	Ventilator, Wand Halle 1	5	0,94
	<b>KT WG 1</b>	Wendegerät Halle 1	1	3,20
	<b>KT VH</b>	Ventilator, Heizregister	1	0,30
	<b>KT P</b>	Pumpe, Heizkreislauf	1	0,19
	<b>KT MT 1</b>	Messtechnik	1	0,035
	<b>KT GK 2</b>	Giebelklappe Halle 2	1	0,20
	<b>KT VD 2</b>	Ventilator, Decke Halle 2	1	0,12
	<b>KT VW 2</b>	Ventilator, Wand Halle 2	1	0,94
	<b>KT WG 2</b>	Wendegerät Halle 2	1	3,20
	<b>KT MT 2</b>	Messtechnik	1	0,035
<b>Schaltraum</b>	<b>ET KL</b>	Klimagerät, E-Technikraum	1	1,70
<b>Betriebsgebäude</b>				
	<b>Gb LB</b>	Laborgeräte	1	2,80
	<b>GB KS</b>	Kühlschrank	1	0,20
	<b>GB GF</b>	Gefrierschrank	1	0,20
	<b>GB BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>BG UV</b>	USV	1	3,00
	<b>BG LS</b>	PLS	1	0,50
	<b>BG RE</b>	Rechner	3	0,20
	<b>BG EW</b>	Einbruchüberwachung	1	0,05
	<b>BG BM</b>	Brandmeldeanlage	1	0,05
	<b>BG K</b>	Küche	1	8,50
	<b>BG HE</b>	Heizung, Gebäude	1	0,00
	<b>BG BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	1,00
	<b>BG AB</b>	Beleuchtung, Betriebshof	1	1,00
<b>Elektroheizungen</b>				
	<b>Zu He</b>	Heizung, Zulaufpumpwerk	1	4,00
	<b>RA HE</b>	Heizung, Rechengebäude	1	5,00
	<b>SA HE</b>	Heizung, Sandwaschgebäude	2	5,00
	<b>SE HE</b>	Heizung, Schlammmentwässerung	1	8,50
<b>Steckdosen, Beleuchtung</b>				
	<b>ZU BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50

	<b>RA BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>SA BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>VK BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>BB BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>PK BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>ÜE BEL</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>FB BEL</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>AL BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
	<b>SE BE</b>	Beleuchtung, Steckdosen	1	0,50
			<b>Summe</b>	<b>356,63</b>

### 3.5.3 Leistungsmessung

Es wird auf das Kap. 2.7 verwiesen, in dem die Durchführung der Leistungsmessung erläutert wird.

### 3.5.4 Auswertung der Betriebsdaten inkl. Plausibilitätsprüfung

Die Auswertung des Messprogramms erfolgt gemäß Vorgabe in Kap. 3.3. Zusammengefasst ergeben sich folgende Betriebsdaten:

Tab. 3-20: Betriebsdaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf

<b>Betriebsdaten Kläranlage Schlitz-Hutzdorf</b>	
Ausbaugröße	14.000 EW
Mittlere Belastung CSB lt. Betriebstagebuch 2016 (ohne Rückbelastung)	7.155 EW <sub>120</sub>
Angeschlossene Einwohner	7.003 E
Einwohnergleichwerte aus Gewerbe und Industrie	keine Angaben
Jahresabwassermenge (2016)	988.605 m <sup>3</sup> /a
Jahresschmutzwassermenge (2016)	658.418 m <sup>3</sup> /a
mittlere Abwassertemperatur	15 °C
Mittlerer Trockenwetterzulauf Q <sub>t</sub>	2.050 m <sup>3</sup> /d
Maximaler Mischwasserzulauf Q <sub>m</sub>	98 l/s
TS-Gehalt Belebungsbecken	i.M. 4,3 g/l
Schlammbelastung	0,166 kg CSB/(kg TS <sub>BB</sub> *d)
Rohschlammanfall	Primärschlamm Hutzdorf: 198.040 kg TM/a entspr. i.M. 541 kg TM/d, 3,4 %TR, 79,4 % oTR Überschussschlamm Hutzdorf: 137.409 kg TM/a entspr. i.M. 375 kg TM/d, 0,85 %TR, 64,3 % oTR

	Überschussschlamm extern: 5.547 m <sup>3</sup> /a entspr. i.M. 15,2 m <sup>3</sup> /d, 3,45 % TR, 66,8 % oTR
Co-Substrate (Schlempe, Fettflotote, Teigreste)	581 m <sup>3</sup> /a sehr ungleichmäßig ange- liefert, i.M. 7,33 % TR, 94,8 % oTR
Input Faulbehälter Summe	11.763 m <sup>3</sup> /a, i.M. 4,84 % TR, 569.267 kg TM/a, i.M. 72,2 % oTR, 410.885 kg oTM/a
Faulschlamm (Output Faulbehälter)	11.750 m <sup>3</sup> /a, 374.825 kg TM/a entspr. i.M. 3,19 %, 231.155 kg oTM/a entspr. i.M. 61,67 % oTR
Klärschlamm entsorgung: getrockneter und entwässerter Schlamm	367,2 t/a mit 56,2 % TR entspr. ca. 206,4 t TM/a

Eine Plausibilitätsprüfung könnte über die Bilanzierung der Schlammengen der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf erfolgen. Die Schlammproduktion der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf wird allerdings auch durch die in der Schlammbehandlung verarbeiteten extern angelieferten Schlämme der Kläranlagen Burghaun, Niederaula und Langenschwarz sowie durch die verarbeiteten Co-Substrate beeinflusst. Diese zusätzlich verarbeiteten Schlämme führen entsprechend zu einer Erhöhung der Rückbelastung mit Schlammwasser in die Kläranlage, was wiederum zu einer Erhöhung der Schlammmenge führt. Daher ist die gemäß DWA-A 216 vorgeschlagene Plausibilitätsprüfung über die Schlammengen in diesem Fall nicht sinnvoll. Nachstehend sind dennoch die gemessenen Mengen an Primär- und Überschussschlamm zusammengestellt und auf den EW-spezifischen Wert umgerechnet:

- Primärschlamm (PS):

PS-Jahresmenge: 198.040 kg TM/a entspr. i.M. 541 kg TM/d  
EW-spezifische PS-Menge: 75,6 g TM / (EW\*d) bei i.M 7.155 EW

Dieser Wert liegt deutlich über dem Ansatz der spezifischen Primärschlammmenge gemäß DWA-M 368 von i.M. (50-Percentile) 24 – 28 g TM / (EW\*d) je nach Aufenthaltszeit in der Vorklärung von 0,5 – 1,0 h.

- Überschussschlamm (ÜS) Kläranlage Hutzdorf:

ÜS-Jahresmenge: 137.409 kg TM/a entspr. i.M. 375 kg TM/d  
EW-spezifische ÜS-Menge: 52,5 g TM / (EW\*d) bei i.M. 7.155 EW

Dieser Wert liegt deutlich über dem Ansatz der spezifischen Überschussschlammmenge gemäß DWA-M 368 von i.M. (50-Percentile) 32,9 – 35,3 g TM / (EW\*d) je nach Aufenthaltszeit in der Vorklärung von 0,5 – 1,0 h bei einer mittleren Temperatur im Ablauf von ca. 15 °C.

### 3.5.5 Klärgasbilanz

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Faulgasfassung und Nutzung in der ersten Jahreshälfte 2016 durch eine Undichtigkeit des Faulbehälterkopfes eingeschränkt war; daher musste der Faulbehälter im Zeitraum 3. bis 15. Juli außer Betrieb genommen und saniert werden. Danach

wurde der Faulbehälter wieder in Betrieb genommen. Daher sind die Faulgasmengen sowie die Faulgasnutzung bis ca. September 2016 nicht realistisch. Ein stabiler Betrieb der Faulung kann erst im letzten Quartal 2016 (Oktober – Dezember 2016) angenommen werden.

Um eine abgesicherte Klärgasbilanz erstellen zu können, wurde zunächst eine Bilanzierung der in der Faulung verarbeiteten Schlämme und Substrate vorgenommen. Die Zusammenstellung der in der Faulung verarbeiteten Mengen ist in Kap. 3.2 enthalten

Folgende Schlämme und Substrate wurden berücksichtigt:

- Primärschlamm der Kläranlage Hutzdorf
- Überschussschlamm der Kläranlage Hutzdorf
- Überschussschlämme der externen Kläranlagen Burghaun, Langenschwarz und Nieder-  
aula
- Schlempe der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH
- Teigreste einer Bäckerei
- Fettflotate einer Molkerei

Von diesen Schlämmen und Substraten wurden im Verlauf des Jahres Gasertragsversuche nach dem standardisierten GB21-Verfahren in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4630 durchgeführt. Die Ergebnisse dieser GB21-Versuche sind in der Tab. 3-21 zusammengestellt.

Die oTR-spezifische Faulgasproduktion lag während der stabilen Betriebsphase im 4. Quartal 2016 mit ca. 460 l/kg oTR bei einem hohen Wert, insbesondere unter Berücksichtigung der erheblichen Mengen an Überschussschlämmen aus den externen Kläranlagen, die nicht über Vorklärungen verfügen, und daher nur einen spezifisch geringen Faulgasertrag aufweisen.

Mit den Mittelwerten der GB21-Versuche wurden die theoretisch möglichen Faulgasmengen errechnet (siehe Tab. 3-22 und Tab. 3-23) und den am Faulbehälter gemessenen Werten des Faulgasanfalls gegenübergestellt (siehe Tab. 3-24). Es muss festgehalten werden, dass die Ergebnisse der GB21-Gasertragsversuche im Labor unter annähernd optimalen Vergärungsbedingungen bei 35 Grad und einer Aufenthaltszeit von 21 Tagen im Versuchsfermenter entstanden sind.

Insbesondere im 1. Halbjahr 2016 sind erhebliche Differenzen festzustellen, die vor allem auf den undichten Faulbehälter zurückzuführen sind.

Tab. 3-21: Gasertragsversuche GB21 der in der Faulung verarbeiteten Substrate, Berechnung der theoretisch möglichen Faulgas- und Methanproduktion

Gasertragsversuche nach GB 21 (Batch-Versuch, 21 Tage)					Berechnung der theor. Gasproduktion		
Datum	TR	GV	Gasausbeute	CH <sub>4</sub> -Gehalt	oTR-Fracht	theor. Gasprod.	theor. CH <sub>4</sub> -Produktion
-	%	%	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /kg oTR <sub>zu</sub>	%	kg oTR/a	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /a	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /a
<b>Primärschlamm KA Schlitz</b>							
11.01.2016	4,36	83,80	0,534	64,0			
18.02.2016	1,50	68,86	0,739	63,7			
19.05.2016	1,66	76,45	0,979	55,3			
25.08.2016	3,83	80,13	0,550	62,2			
25.11.2016	4,98	82,12	0,528	59,1			
	<b>3,27</b>	<b>78,27</b>	<b>0,666</b>	<b>60,9</b>	<b>198.060</b>	<b>131.900</b>	<b>80.296</b>
<b>Überschussschlamm KA Schlitz</b>							
11.01.2016	3,04	75,38	0,371	66,4			
18.02.2016	1,39	69,19	0,364	62,7			
19.05.2016	1,90	65,30	0,325	63,5			
25.08.2016	2,25	68,40	0,358	64,7			
	<b>2,15</b>	<b>69,57</b>	<b>0,355</b>	<b>64,34</b>	<b>88.409</b>	<b>31.350</b>	<b>20.169</b>
<b>Überschussschlamm KA Niederaula</b>							
18.02.2016	8,41	82,60	0,308	65,7			
24.03.2016	6,23	65,93	0,340	67,7			
19.05.2016	6,61	74,83	0,415	63,9			
14.07.2016	5,28	62,91	0,402	67,2			
25.08.2016	5,24	62,80	0,289	72,5			
04.10.2016	8,66	73,78	0,162	73,1			
	<b>6,74</b>	<b>70,47</b>	<b>0,319</b>	<b>68,3</b>	<b>88.465</b>	<b>28.253</b>	<b>19.308</b>
<b>Überschussschlamm KA Burghaun</b>							
25.08.2016	2,05	62,47	0,307	70,5			
24.10.2016	2,05	64,00	0,310	72,0			
24.11.2016	2,41	68,92	0,235	75,0			
	<b>2,17</b>	<b>65,13</b>	<b>0,284</b>	<b>72,5</b>	<b>22.254</b>	<b>6.320</b>	<b>4.583</b>
<b>Überschussschlamm KA Langenschwarz</b>							
19.05.2016	1,70	71,00	0,515	66,1			
26.09.2017	2,40	69,00	0,465	67,0			
28.10.2016	2,24	59,41	0,465	75,4			
	<b>4,44</b>	<b>68,09</b>	<b>0,344</b>	<b>69,8</b>	<b>16.574</b>	<b>5.702</b>	<b>3.979</b>
<b>Abfälle Fettabscheider</b>							
28.10.2016	2,49	92,43	1,442	70,8			
	<b>2,49</b>	<b>92,43</b>	<b>1,442</b>	<b>70,8</b>	<b>8.404</b>	<b>12.118</b>	<b>8.575</b>
<b>Teigreste</b>							
25.11.2016	23,85	98,10	0,726	52,8			
	<b>23,85</b>	<b>98,10</b>	<b>0,726</b>	<b>52,8</b>	<b>7.871</b>	<b>5.716</b>	<b>3.018</b>
<b>Brennereischlempen</b>							
18.04.2016	11,82	94,65	0,520	62,1			
25.04.2016	19,96	97,77	0,322	62,0			
21.05.2016	3,67	91,55	0,681	62,3			
	<b>11,82</b>	<b>94,66</b>	<b>0,508</b>	<b>62,1</b>	<b>23.995</b>	<b>12.184</b>	<b>7.569</b>
<b>Summe</b>							
			<b>0,514</b>	<b>63,16%</b>	<b>454.030</b>	<b>233.544</b>	<b>147.496</b>

Tab. 3-22: Theoretische Ermittlung des Faulgaspotentials sowie des Methanpotentials auf der Basis der oTR-Frachten sowie der Gasertragsversuche (Teil 1)

	Primärschlamm Hutzdorf					Überschussschlamm Hutzdorf					Überschussschlamm Niederaula				
	oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential		oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential		oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential	
	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub> Mittel	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.
Januar	15.347,0		10.221		6.222	9.745,7		3.456		2.223	4.231,1		1.351		923
Februar	10.784,2		7.182		4.372	9.529,4		3.379		2.174	6.477,0		2.069		1.414
März	10.805,5		7.196		4.381	8.027,1		2.846		1.831	9.485,2		3.029		2.070
April	14.219,1		9.469		5.765	8.600,6		3.050		1.962	6.716,0		2.145		1.466
Mai	17.087,3		11.380		6.927	8.054,1		2.856		1.837	11.406,1		3.643		2.489
Juni	19.233,3	0,666	12.809	60,9%	7.797	8.753,7	0,355	3.104	64,3%	1.997	13.414,5	0,319	4.284	68,3%	2.928
Juli	8.275,4		5.511		3.355	8.273,5		2.934		1.887	6.897,9		2.203		1.505
August	9.665,6		6.437		3.919	6.580,0		2.333		1.501	6.686,1		2.135		1.459
September	10.973,5		7.308		4.449	5.241,7		1.859		1.196	4.951,1		1.581		1.081
Oktober	16.440,1		10.948		6.665	5.118,1		1.815		1.168	4.910,8		1.568		1.072
November	12.562,4		8.366		5.093	12.562,4		2.121		1.364	5.439,0		1.737		1.187
Dezember	9.401,7		6.261		3.812	4.504,8		1.597		1.028	7.850,1		2.507		1.713
<b>Summe</b>	<b>154.795 kg/a</b> 424 kg/d		<b>103.088 mn<sup>3</sup>/a</b> 282 mn <sup>3</sup> /d		<b>62.756 mn<sup>3</sup>/a</b> 172 mn <sup>3</sup> /d	<b>88.409 kg/a</b> 242 kg/d		<b>31.350 mn<sup>3</sup>/a</b> 86 mn <sup>3</sup> /d		<b>20.169 mn<sup>3</sup>/a</b> 55 mn <sup>3</sup> /d	<b>88.465 kg/a</b> 242 kg/d		<b>28.253 mn<sup>3</sup>/a</b> 77 mn <sup>3</sup> /d		<b>19.308 mn<sup>3</sup>/a</b> 53 mn <sup>3</sup> /d

	Überschussschlamm Burghaun					Überschussschlamm Langenschwarz					Co-Substrat Schlemphen				
	oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential		oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential		oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential	
	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.
	Mittel		Mittel			Mittel		Mittel			Mittel		Mittel		
Januar	0,0		0		0	0,0		0		0	0,0		0		0
Februar	0,0		0		0	0,0		0		0	0,0		0		0
März	0,0		0		0	0,0		0		0	0,0		0		0
April	0,0		0		0	3.374,7		1.161		810	14.097,9		7.159		4.447
Mai	0,0		0		0	1.392,2		479		334	9.398,6		4.773		2.965
Juni	0,0		0		0	787,9		271		189	0,0		0		0
Juli	0,0	0,284	0	72,5%	0	2.193,5	0,344	755	69,8%	527	0,0	0,508	0	62,1%	0
August	6.456,1		1.834		1.329	1.312,1		451		315	0,0		0		0
September	4.256,3		1.209		876	1.755,6		604		421	0,0		0		0
Oktober	4.817,3		1.368		992	1.200,6		413		288	0,0		0		0
November	2.630,3		747		542	1.976,0		680		474	0,0		0		0
Dezember	4.094,0		1.163		843	2.581,0		888		620	0,0		0		0
<b>Summe</b>	<b>22.254 kg/a</b>		<b>6.320 mn<sup>3</sup>/a</b>		<b>4.583 mn<sup>3</sup>/a</b>	<b>16.574 kg/a</b>		<b>5.702 mn<sup>3</sup>/a</b>		<b>3.979 mn<sup>3</sup>/a</b>	<b>23.497 kg/a</b>		<b>11.932 mn<sup>3</sup>/a</b>		<b>7.412 mn<sup>3</sup>/a</b>
	148 kg/d		42 mn <sup>3</sup> /d		31 mn <sup>3</sup> /d	60 kg/d		21 mn <sup>3</sup> /d		14 mn <sup>3</sup> /d	392 kg/d		199 mn <sup>3</sup> /d		124 mn <sup>3</sup> /d

Tab. 3-23: Theoretische Ermittlung des Faulgaspotentials sowie des Methanpotentials auf der Basis der oTR-Frachten sowie der Gasertragsversuche (Teil 2)

	Co-Substrat Fettabscheider				Co-Substrat Teigreste				oTR	Faulgas Potential gem. GB 21			
	oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential	oTR <sub>ist</sub>	Gas- ausbeute	Faulgas- potential	Methan- potential		Faulgas- potential	Methan- potential	CH <sub>4</sub>	Primärenergie
	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub>	kg/Mo.	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> / kg oTR <sub>ist</sub>	m <sub>n</sub> <sup>3</sup> /Mo.	% CH <sub>4</sub>		m <sup>3</sup> /Mo.	m <sup>3</sup> /Mo.	%	kWh/Mo.
		Mittel		Mittel		Mittel		Mittel					(9,968 kWh/m <sup>3</sup> )
Januar	0,0		0	0	0,0		0	0	29.323,78	15.028	9.369	62,3%	93.386
Februar	0,0		0	0	0,0		0	0	26.790,60	12.630	7.960	63,0%	79.341
März	0,0		0	0	0,0		0	0	28.317,82	13.072	8.282	63,4%	82.556
April	0,0		0	0	0,0		0	0	47.008,20	22.984	14.450	62,9%	144.037
Mai	0,0		0	0	0,0		0	0	47.338,28	23.130	14.553	62,9%	145.067
Juni	0,0	1,442	0	0	0,0		0	0	42.189,41	20.468	12.911	63,1%	128.700
Juli	0,0		0	70,8%	0,0	0,726	0	52,8%	25.640,33	11.403	7.274	63,8%	72.512
August	0,0		0	0	0,0		0	0	30.699,90	13.190	8.523	64,6%	84.961
September	665,8		960	679	0,0		0	0	27.843,91	13.521	8.702	64,4%	86.745
Oktober	2.391,3		3.448	2.440	0,0		0	0	34.878,20	19.561	12.625	64,5%	125.842
November	3.614,2		5.212	3.688	4.445,4		3.229	1.705	36.647,45	22.091	14.053	63,6%	140.078
Dezember	2.500,0		3.605	2.551	3.275,6		2.379	1.256	34.207,29	18.401	11.822	64,2%	117.845
<b>Summe</b>	<b>9.171 kg/a</b> 76 kg/d		<b>13.225 mn<sup>3</sup>/a</b> 110 mn <sup>3</sup> /d	<b>9.358 mn<sup>3</sup>/a</b> 78 mn <sup>3</sup> /d	<b>7.721 kg/a</b> 129 kg/d		<b>5.608 mn<sup>3</sup>/a</b> 93 mn <sup>3</sup> /d	<b>2.961 mn<sup>3</sup>/a</b> 49 mn <sup>3</sup> /d	<b>410.885 kg/a</b> 1.125,71 kg/d	<b>205.477</b> 563 m <sup>3</sup> /d	<b>130.525</b> 358 m <sup>3</sup> /d	<b>63,5%</b>	<b>1.301.071 kWh/a</b>

Tab. 3-24: Gegenüberstellung des theoretischen Faulgaspotentials auf der Basis der oTR-Frachten und der GB21-Gaserträge und des tatsächlich gemessenen Faulgasanfalls

	Faulgas Potential gem. GB 21				Faulgas-Anfall gemessen am Faulbehälter			
	Faulgas- potential	Methan- potential	CH <sub>4</sub>	Primärenergie	Faulgas- Anfall	CH <sub>4</sub> gemessen		Primärenergie
	m <sup>3</sup> /Mo.	m <sup>3</sup> /Mo.	%	kWh/Mo. (9,968 kWh/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /Mo.	%	m <sup>3</sup> /Mo.	kWh/Mo. (9,968 kWh/m <sup>3</sup> )
Januar	15.028	9.369	62,3%	93.386	8.028	62,1%	4.985	49.686
Februar	12.630	7.960	63,0%	79.341	8.422	61,3%	5.165	51.490
März	13.072	8.282	63,4%	82.556	8.380	60,4%	5.062	50.453
April	22.984	14.450	62,9%	144.037	18.358	60,9%	11.180	111.442
Mai	23.130	14.553	62,9%	145.067	16.789	61,0%	10.241	102.085
Juni	20.468	12.911	63,1%	128.700	11.525	61,4%	7.079	70.566
Juli	11.403	7.274	63,8%	72.512	5.649	58,5%	3.303	32.922
August	13.190	8.523	64,6%	84.961	11.263	60,8%	6.851	68.288
September	13.521	8.702	64,4%	86.745	11.828	61,2%	7.236	72.126
Oktober	19.561	12.625	64,5%	125.842	13.255	64,5%	8.549	85.221
November	22.091	14.053	63,6%	140.078	15.436	63,8%	9.840	98.090
Dezember	18.401	11.822	64,2%	117.845	19.175	64,5%	12.368	123.283
<b>Summe</b>	<b>205.477</b>	<b>130.525</b>	<b>63,5%</b>	<b>1.301.071 kWh/a</b>	<b>148.108</b>	<b>62,0%</b>	<b>91.859</b>	<b>915.653 kWh/a</b>
	563 m <sup>3</sup> /d	358 m <sup>3</sup> /d			405,8 m <sup>3</sup> /d		251,7 m <sup>3</sup> /d	

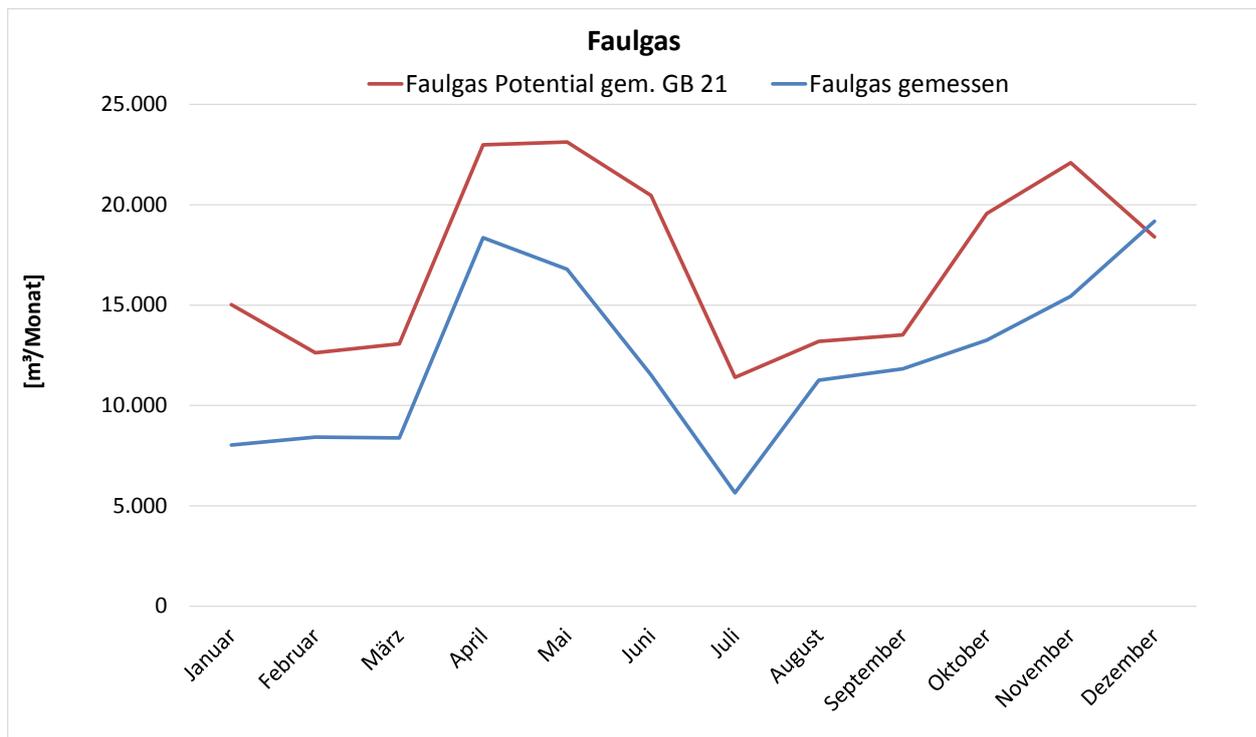


Abb. 3-34: Gegenüberstellung des theoretischen Faulgaspotentials errechnet auf der Basis der oTR-Frachten und der GB21-Gaserträge und des tatsächlich gemessenen Faulgasanfalls

### 3.5.6 Faulgasnutzung

Das Faulgas wird über den Gasspeicher dem BHKW zugeführt. Am BHKW wird die zugeführte Faulgasmenge nochmals gemessen, sodass die dort gespeicherten Werte als Faulgasverbrauch am BHKW nicht exakt dem Faulgas-Anfall gemessen am Faulbehälter entsprechen. Geringe Faulgas Mengen wurden auch über die Notfackel während Revisionszeiten des BHKW verbrannt.

Die Tab. 3-25 stellt den Faulgasverbrauch gemessen am BHKW sowie die Stromerzeugung dar. Es ist festzustellen, dass insbesondere in den ersten Monaten des Jahres das Faulgas nur mit einem sehr schlechten Wirkungsgrad im BHKW genutzt wurde. Das BHKW ist in dieser Zeit sehr häufig an- und abgefahren worden sowie im Teillastbetrieb mit einem entsprechend schlechten Wirkungsgrad betrieben worden.

Insbesondere zum Jahresende 2016 konnte das BHKW weitestgehend im Vollast-Betrieb gefahren werden, was an den elektrischen Wirkungsgraden zu diesem Zeitpunkt zu erkennen ist.

Die gemäß Datenblatt des BHKW (siehe Abb. 2-15) seitens des Herstellers angegebenen elektrischen Wirkungsgrade von 33,6 % (bei 75 % Leistung) und 34,2 % (bei 100 % Leistung) wurden aber im Monatsmittel nicht erreicht, was gemeinsam mit dem Hersteller überprüft werden sollte.

Tab. 3-25: Faulgas-Verbrauch des BHKW und Stromproduktion für das Jahr 2016

	Faulgas-Verbrauch gemessen am BHKW				BHKW Stromerzeugung	
	Faulgas- Verbrauch	CH <sub>4</sub>		Primärenergie	gemessen	η <sub>el</sub> Betrieb
		m <sup>3</sup> /Mo.	%	m <sup>3</sup> /Mo.	kWh/Mo.	%
				(9,968 kWh/m <sup>3</sup> )		
Januar	8.249	62,1%	5.122	51.054	4.947	9,69%
Februar	8.428	61,3%	5.169	51.526	13.426	26,06%
März	8.300	60,4%	5.013	49.972	13.076	26,17%
April	16.166	60,9%	9.845	98.136	29.025	29,58%
Mai	15.600	61,0%	9.516	94.855	25.817	27,22%
Juni	11.198	61,4%	6.878	68.564	16.268	23,73%
Juli	5.527	58,5%	3.231	32.211	7.775	24,14%
August	11.256	60,8%	6.846	68.246	15.795	23,14%
September	11.845	61,2%	7.246	72.230	17.568	24,32%
Oktober	14.441	64,5%	9.314	92.846	24.618	26,51%
November	16.294	63,8%	10.387	103.542	30.370	29,33%
Dezember	18.082	64,5%	11.663	116.256	33.441	28,76%
<b>Summe</b>	<b>145.386</b>	<b>6206,4%</b>	<b>90.232</b>	<b>899.438 kWh/a</b>	<b>232.126 kWh/a</b>	<b>25,81%</b>
	398,3 m <sup>3</sup> /d		247,2 m <sup>3</sup> /d			

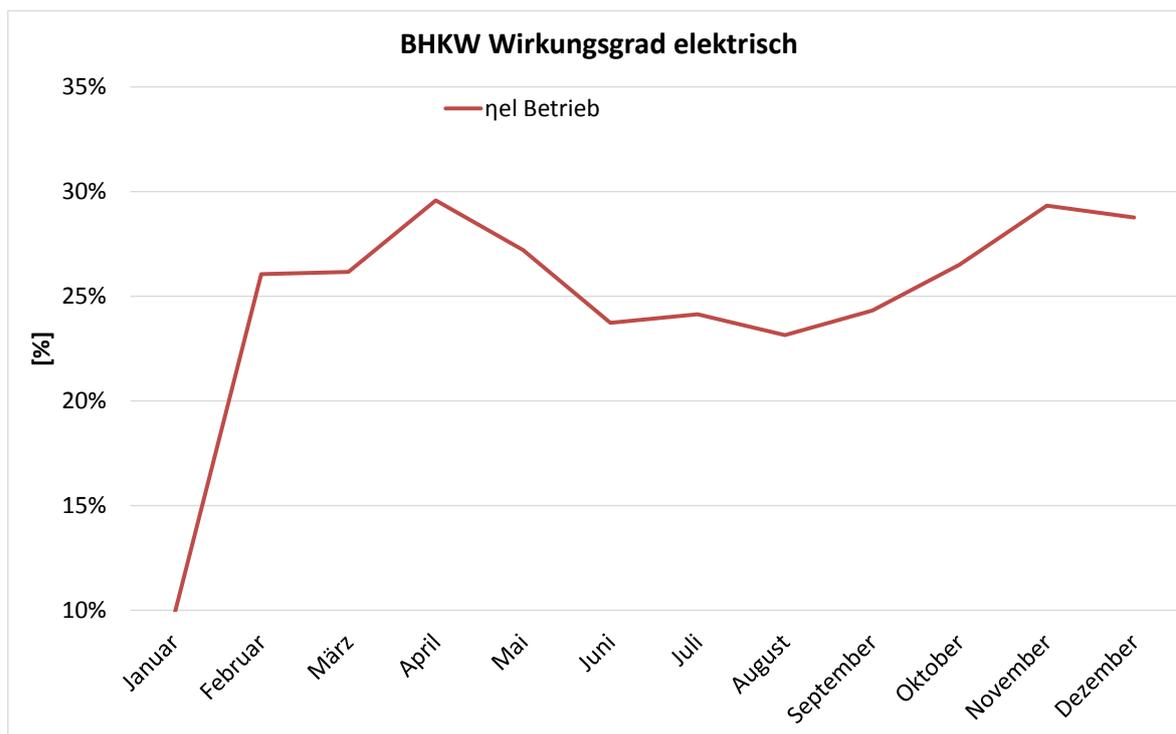


Abb. 3-35: elektrischer Wirkungsgrad des BHKW, berechnet aus monatlicher Stromproduktion und Primärenergieangebot für das Jahr 2016

### 3.5.7 Energiebilanz Strom

Über die Stadtwerke Schlitz konnte eine genaue Bilanzierung von Gesamt-Stromverbrauch, Stromerzeugung durch das BHKW und in das Netz eingespeisten Strom erstellt werden. Daraus ergibt sich ein Eigenversorgungsgrad der Kläranlage Schlitz, der nach sehr geringen Werten zu Beginn des Jahres sowie während der Sommermonate – bedingt durch die Faulbehältersanierung und teilweise Außerbetriebnahme des BHKW – auf spezifisch hohe Werte von deutlich über 70 % zum Jahresende anstieg (siehe Tab. 3-26 und Abb. 3-39).

Im Vergleich zu den Jahren 2014 und 2015 vor Umbau der Kläranlage ist deutlich zu erkennen, dass der Gesamt-Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf um ca. 100.000 kWh/a oder ca. 28,5 % angestiegen ist (siehe Tab. 3-26 und Abb. 3-36). Dies ist nicht verwunderlich, zumal mit den Verfahrensstufen Vorklärung, Schlamm- und Substratannahme, Schlammeindickung und Faulung wesentliche Stromverbraucher neu installiert wurden. Andere Verbraucher wie die Schlammmentwässerung wurden mehr beansprucht; die Zulauffrachten zur Belebung insbesondere mit Stickstoffverbindungen ist auch angestiegen, wodurch auch die Belüftungsenergie angestiegen ist.

Bedingt durch die Anlieferung und Nutzung externer Schlämme und Substrate kann die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf – ohne Anrechnung der Klärschlamm-trocknung, die eine besondere Verfahrenstechnik darstellt – sich im Jahresmittel 2016 zu ca. 60 %, bei Berücksichtigung der Monate November und Dezember mit stabilem Betrieb sogar zu ca. 90 % mit eigen erzeugtem Strom versorgen (siehe Abb. 3-32).

Tab. 3-26: Stromverbrauch, Stromproduktion und des Fremdbezugs in 2016

	2014	2015	2016						
			Verbrauch gesamt	Verbrauch ohne Trocknung	BHKW Erzeugung	Einspei- sung	Fremd- bezug	Eigenversor- gungsgrad	Eigenversor- gungsgrad inkl. Trocknung
	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	kWh/Mo.	%	%
Januar	34.154	32.643	31.724	31.574	4.947	87	26.864	15,67	15,59
Februar	29.774	28.913	36.367	36.217	13.426	48	22.989	37,07	36,92
März	29.481	28.193	38.306	31.806	13.076	232	25.463	41,11	34,13
April	30.029	28.304	41.950	34.950	29.025	3.651	16.575	83,05	69,19
Mai	30.938	26.633	43.439	35.439	25.817	2.559	20.181	72,85	59,43
Juni	28.974	34.129	41.640	33.640	16.268	390	25.761	48,36	39,07
Juli	35.180	32.258	38.913	30.413	7.775	97	31.235	25,56	19,98
August	32.587	26.139	35.855	27.855	15.795	728	20.788	56,70	44,05
September	29.228	27.251	36.267	28.737	17.568	1.185	19.884	61,14	48,44
Oktober	37.115	30.565	38.818	31.318	24.618	3.267	17.467	78,61	63,42
November	27.423	24.876	41.347	33.847	30.370	4.589	15.566	89,73	73,45
Dezember	30.348	35.637	44.672	37.172	33.441	4.139	15.370	89,96	74,86
<b>Jahressummen</b>	<b>375.231</b>	<b>355.541</b>	<b>469.297</b>	<b>392.967</b>	<b>232.126</b>	<b>20.972</b>	<b>258.143</b>	<b>59,07</b>	<b>49,46</b>

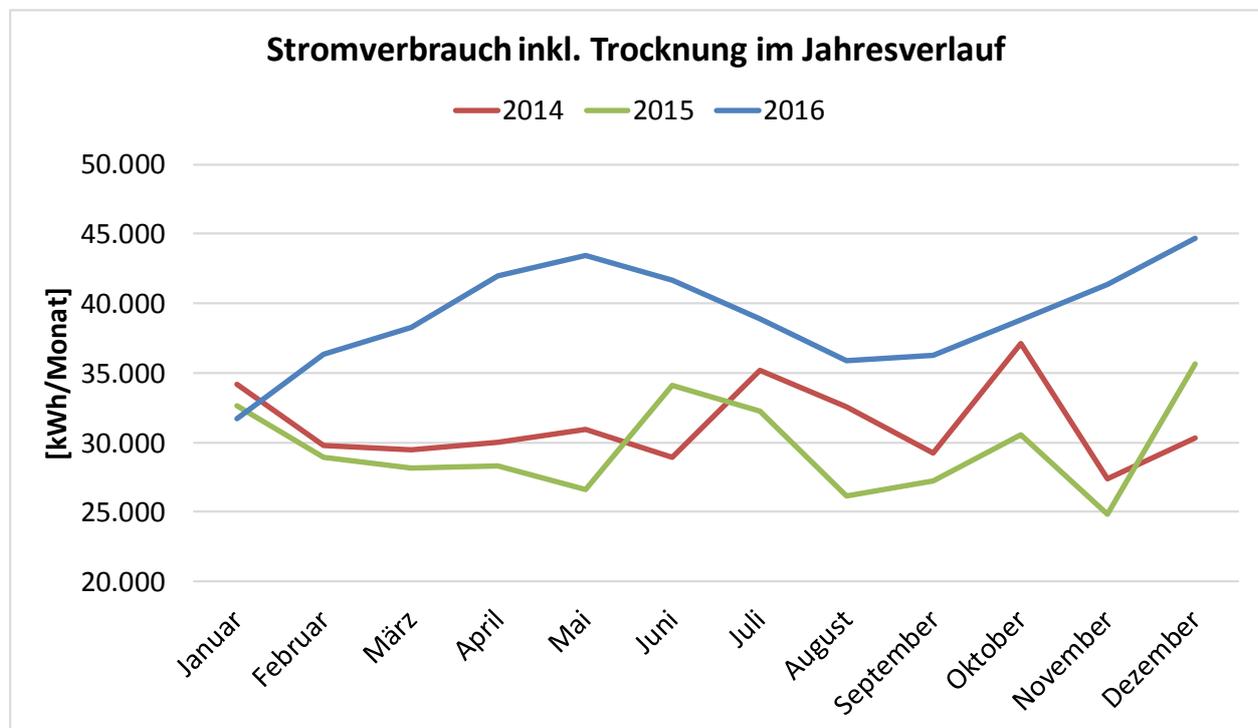


Abb. 3-36: Stromverbrauch der gesamten Kläranlage Schlitz (Monatssummen) in den Jahren 2014 bis 2016

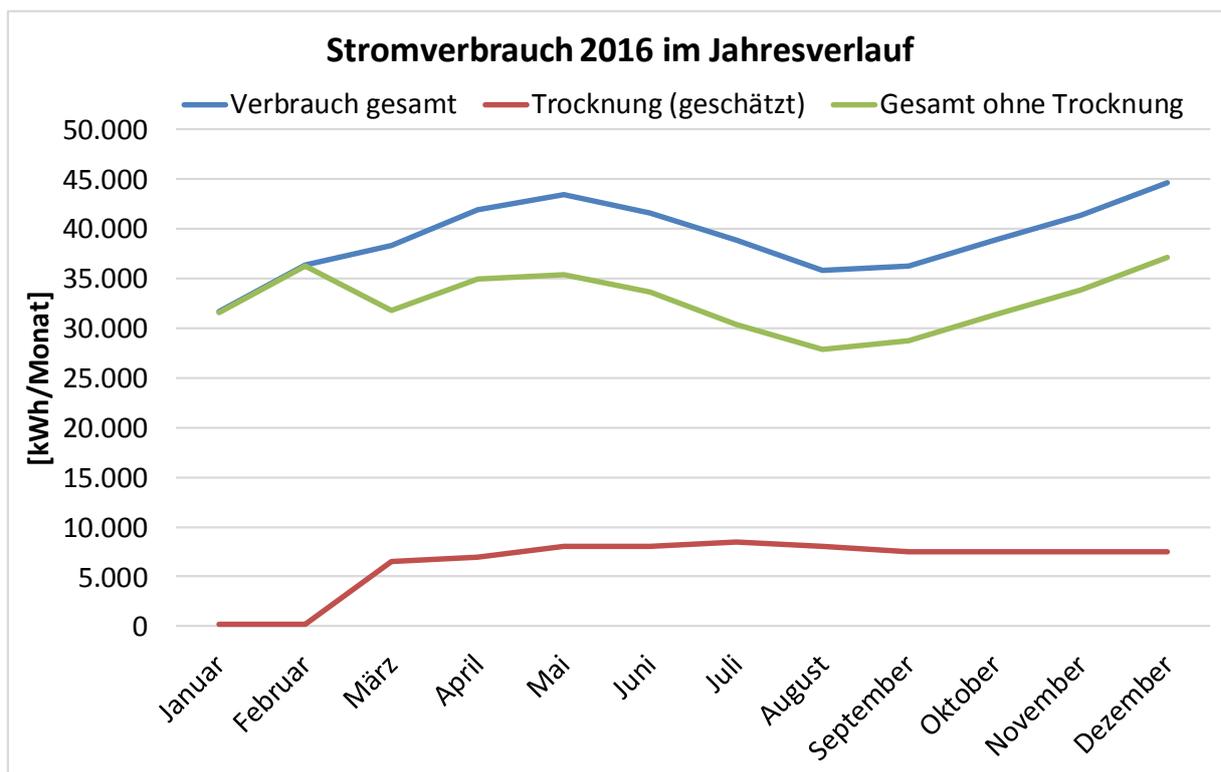


Abb. 3-37: Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz (Monatssummen), Gesamt-Stromverbrauch, Stromverbrauch der Trocknung sowie Gesamt-Stromverbrauch ohne Trocknung, 2016

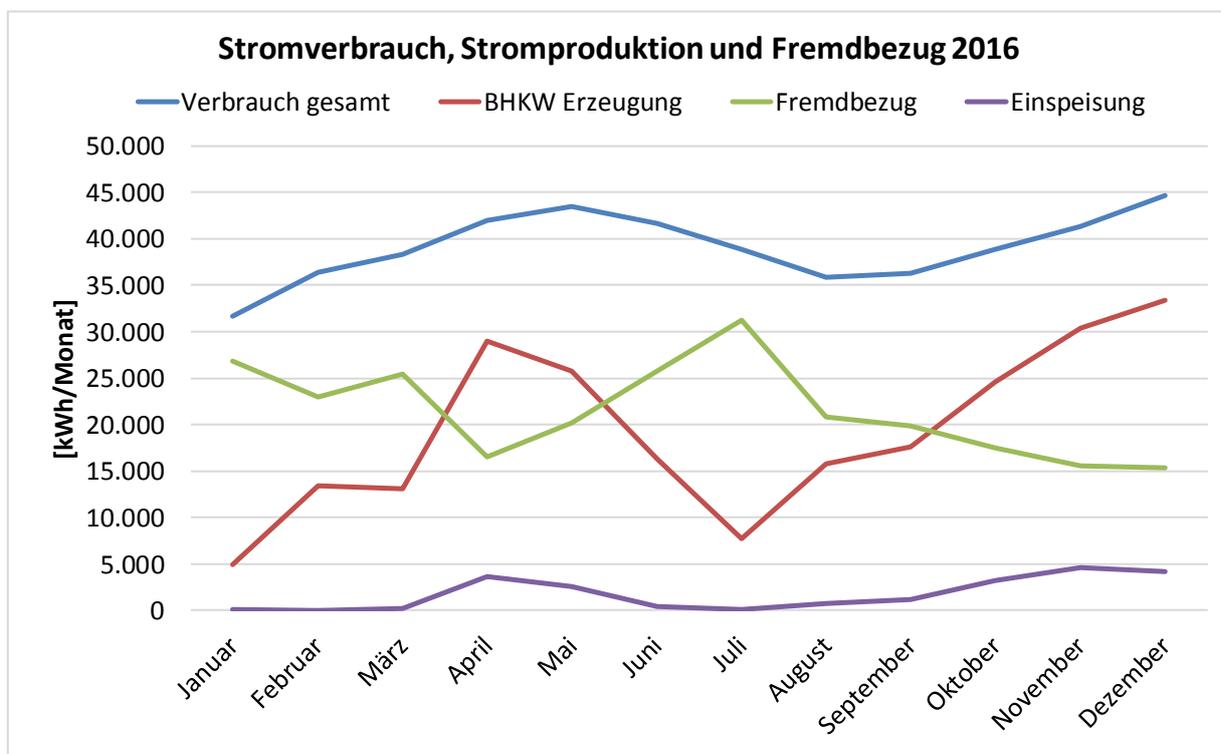


Abb. 3-38: Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz (Monatssummen), Gesamt-Stromverbrauch, Stromproduktion durch das BHKW, Fremdstrombezug sowie Einspeisung, 2016

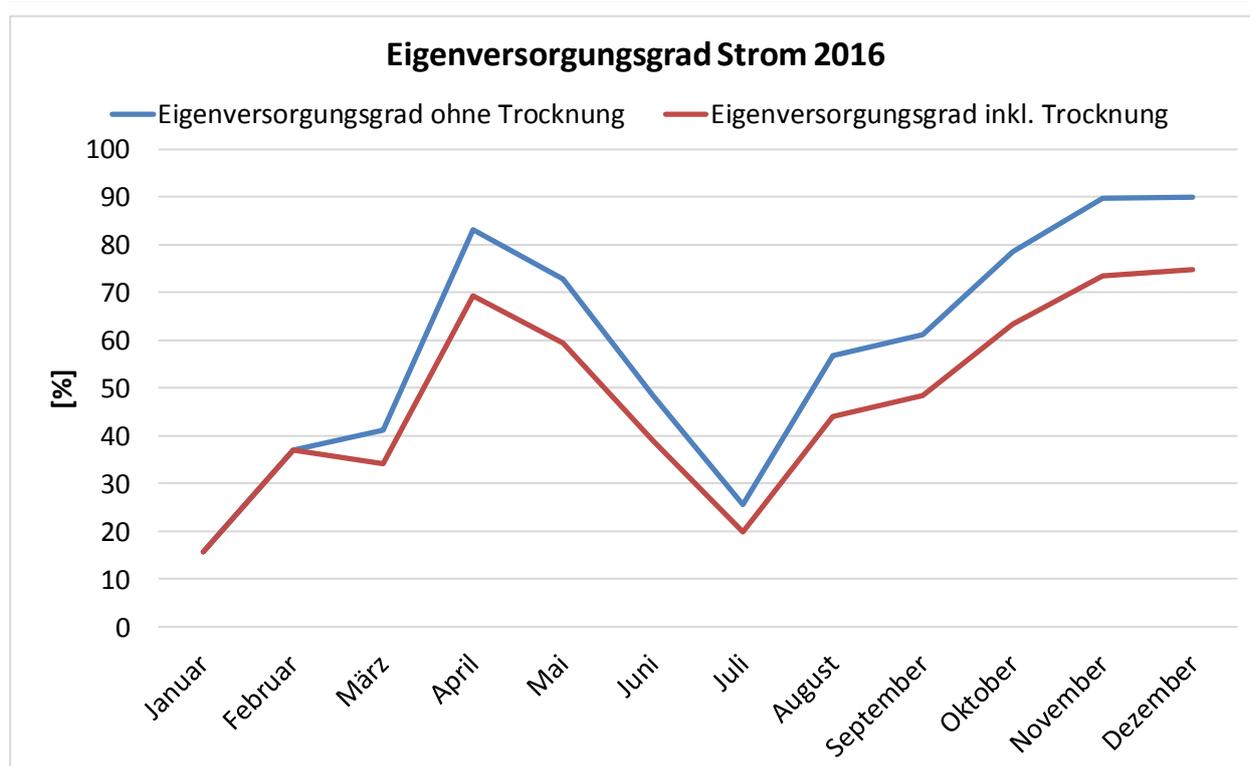


Abb. 3-39: Eigenversorgungsgrad Strom, 2016

### 3.5.8 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf ergibt sich aus den folgenden Bestandteilen:

- Betriebsgebäude, bisher Beheizung über Flüssiggas, zukünftig im Wesentlichen über Abwärme des BHKW
- Maschinengebäude, bisher und zukünftig Beheizung über Elektroheizungen
- Erwärmung des Faulschlammes, im Wesentlichen über Abwärme des BHKW
- Faulbehälter-Transmissionsverluste, im Wesentlichen über Abwärme des BHKW
- Wärmeunterstützung der solaren Klärschlamm-Trocknung, bei verfügbarer Abwärme des BHKW

Es ist zu bedenken, dass das Jahr 2016 gekennzeichnet ist durch die Inbetriebnahmephase zu Beginn des Jahres sowie durch die Außerbetriebnahme und Wiederanfahren des Faulbehälters im Juli 2016. Daher ist das Jahr 2016 nicht repräsentativ für den stabilen Betrieb.

Hinzu kommt, dass die Wärmemengenzähler zur Ermittlung der Anteile für die Versorgung der Trocknung und das Betriebsgebäude erst Ende 2016 installiert wurden und somit nicht zur Auswertung zur Verfügung standen.

Eine exakte Bilanzierung des externen Wärmeverbrauchs der Kläranlage Schlitz ist schwierig, da die Zeitpunkte des Flüssiggasbezugs zum einen nicht dem Betrachtungszeitraum entsprachen, zum andern während des Jahres 2016, insbesondere während der Monate Januar bis April 2016 und auch nach Außerbetriebnahme und Sanierung des Faulbehälter-Kopfes, die Beheizung des Faulbehälters nicht mit der Abwärme des BHKW's, sondern mit Flüssiggas über den Spitzenlast-/Notfallheizkessel erfolgte.

Während der Inbetriebnahme des Faulbehälters sowie während und nach der Sanierung des Faulbehälterkopfes stand nicht ausreichend Faulgas zur Verfügung, so dass die Abwärme des BHKW für die Beheizung nicht ausreichte. In den Tab. 3-27 und Tab. 3-28 ist der errechnete Flüssiggasverbrauch zur Beheizung des Faulbehälters sowie zur Beheizung des Betriebsgebäudes in den Zeiträumen der Belieferung aufgeführt. Es ist auf jeden Fall zu erkennen, dass der Verbrauch im Zeitraum März bis November 2016 im Vergleich zum Zeitraum Ende 2015 bis Februar 2016 deutlich zurückgegangen ist.

Ob das Ziel der vollständigen autarken Wärmeversorgung durch die Abwärme des BHKW zukünftig erreicht werden kann, werden die nächsten Jahre zeigen.

Tab. 3-27: Flüssiggasverbrauch zur Beheizung des Faulbehälters

Datum	Vorrat Flüssiggas	mittlerer Flüssiggas-Verbrauch (7,17 kWh/l)		externer Wärmeverbrauch (hochgerechnet)
	l	l/d	kWh/d	kWh/a
28.08.2015	3945			
29.02.2016	0	21,32	152,9	55.807
01.03.2016	3080			
14.11.2016	0	11,94	85,6	31.242
15.11.2016	3796			

Tab. 3-28: Flüssiggasverbrauch zur Beheizung des Betriebsgebäudes

Datum	Vorrat Flüssiggas	mittlerer Flüssiggas-Verbrauch		externer Wärmeverbrauch (hochgerechnet)
	l	l/d	kWh/d	kWh/a
27.03.2016	2028			
31.01.2017		6,54	46,9	17.121

Der theoretische Wärmebedarf der Faulung setzt sich aus den Transmissions-Wärmeverlusten des Faulbehälters sowie aus dem Wärmebedarf zur Erwärmung des Rohschlammes zusammen. Die Berechnungen sind in den nachfolgenden Tab. 3-29 und Tab. 3-30 enthalten.



Tab. 3-31: Berechnung des Gesamt-Wärmebedarf des Faulbehälters für Januar (Maximal-Bedarf), Juli (Minimalbedarf) sowie im Jahresmittel auf der Basis der Außentemperaturen im langjährigen Mittel für die Station Fritzlär (IWU, 2017)

<b>Berechnung Wärmebedarf Faulung</b>				
	<b>Max. (Januar)</b>	<b>Min. (Juli)</b>	<b>Mittel</b>	
<b>Schlamm-aufheizung</b>				
Schlamm-menge	11.763	11.763	11.763,0	m <sup>3</sup> /a
	32,14	32,14	32,14	m <sup>3</sup> /d
spez. Wärmemenge	1,163	1,163	1,163	kWh/m <sup>3</sup> *K
Min .Temperatur des Schlammes Input	10	20	15	° C
Erforderliche Temperatur des Schlammes	35	35	35	° C
Delta T	25	15	20	° C
<b>Energiebedarf für Aufheizung</b>	<b>934</b>	<b>561</b>	<b>748</b>	<b>kWh/d</b>
<b>Wärmeverlust Abstrahlung (Transmission)</b>				
Größe Faulbehälter	600	600	600	m <sup>3</sup>
Energieverlust gem. Transmissionsberechnung	337	220	280	Wh/m <sup>3</sup> *d
<b>Wärmeverlust Abstrahlung</b>	<b>202</b>	<b>132</b>	<b>168</b>	<b>kWh/d</b>
<b>Gesamt Wärmebedarf Faulung (Aufheizung + Wärmeverlust)</b>	<b>1.136</b>	<b>693</b>	<b>915</b>	<b>kWh/d</b>
<b>entsprechend</b>	<b>47,4</b>	<b>28,9</b>	<b>38,1</b>	<b>kWh/h</b>

Da in 2016 kein stabiler Betrieb der Faulung und damit des BHKW durchgeführt werden konnte, ist nachfolgend eine theoretische Wärmebilanz der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf auf der Basis der Ergebnisse der Monate November und Dezember erstellt worden. Herangezogen wurden dabei:

- Faulgasmenge  $Q_{FG} = 17.185 \text{ m}^3/\text{Mo. entspr. } 572,9 \text{ m}^3/\text{d}$
- Methangehalt  $\text{CH}_4 = 64 \%$
- Thermischer Wirkungsgrad des BHKW:  $\eta_{th} = 48,5 \%$
- Allg. Verluste (Abstrahlung, Rohrleitung) i.M. 10 %
- Wärmeversorgung der Maschinengebäude weiterhin über Elektro-Frostwächter

Tab. 3-32: Theoretische Wärmebilanz der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf bei stabilem Betrieb und optimaler Faulgasnutzung

<b>Theoretische Wärmebilanz Kläranlage Schlitz-Hutzdorf</b>	<b>Jahresbedarf</b>		<b>Winter</b>	<b>Sommer</b>
	MWh/a	kWh/d	kWh/d	kWh/d
<b>Wärmeversorgung über Faulgasnutzung</b>				
Wärmeangebot BHKW (bei $Q_{FG} = 572,9 \text{ m}^3/\text{d}$ , 64 % $\text{CH}_4$ , $\eta_{th} = 48,5 \%$ )	649,3	1.773,9	1.773,9	1.773,9
Wärmebedarf Rohschlammerwärmung	272,9	747,6	934,5	560,7
Wärmebedarf Faulbehälter Transmission	61,3	167,8	202,0	132,2
Wärmebedarf Betriebsgebäude	17,2	46,9	93,8	5,0
Verlust (Abstrahlung, Wärmeleitung) geschätzt i.M. 10 %, Sommer 5 %, Winter 15 %	64,9	177,4	266,1	106,4
theoretisches Wärmeangebot für die Trocknung	233,1	634,3	277,6	969,6
<b>Elektro-Frostwächter in den Maschinengebäude</b>	<b>12,1</b>	<b>33,0</b>	<b>66,0</b>	<b>0,0</b>

Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf – abgesehen von den Elektro-Frostwächtern – wärmeautark betrieben werden kann.

### 3.5.9 Überprüfung der bestehenden Anlage

Die Überprüfung der Belebungsanlage der Kläranlage Schlitz zur Stickstoff- und Phosphorelimination erfolgt nach DWA-A 131 mit dem Programm „Belebungs-Expert“ der DWA. Als maßgebliche Bemessungsdaten werden gemäß ATV-DVWK-A 198 benötigt:

- der Jahresgang der Abwassertemperatur, insbesondere die niedrigste und höchste Temperatur im Ablauf des biologischen Reaktors aus der Jahresganglinie des 2-Wochenmittels. Im Gegensatz zum A 198 wird hier die Temperaturganglinie nur für das Jahr 2016 herangezogen (siehe Abb. 3-40)
- als maßgebende Frachten die maximalen 2-Wochenmittel der zeitgleichen Frachten von:
  - CSB ( $B_{d,CSB,ZB}$  in kg/d) und Verhältnis  $S_{CSB}/C_{CSB}$ , wenn Bemessung mit CSB,
  - abfiltrierbare Stoffe ( $B_{d,TS,ZB}$  in kg/d),
  - Stickstoff ( $B_{d,TKN,ZB}$ ;  $B_{d,NO_3,ZB}$  und ggf.  $B_{d,NO_2,ZB}$  in kg/d) sowie
  - Phosphor ( $B_{d,P,ZB}$  in kg/d)

jeweils für die Perioden mit der Bemessungstemperatur, mit der niedrigsten und mit der höchsten Temperatur.

Wenn die für die Bildung von 2- bzw. 4- Wochenmittel erforderliche dichte Beprobung in keinem Verhältnis zum Nutzen steht, können die maßgebenden Tagesfrachten auch als die an 85% der Tage erreichten oder unterschrittenen Tagesfrachten bestimmt werden („85-Perzentilwert“).

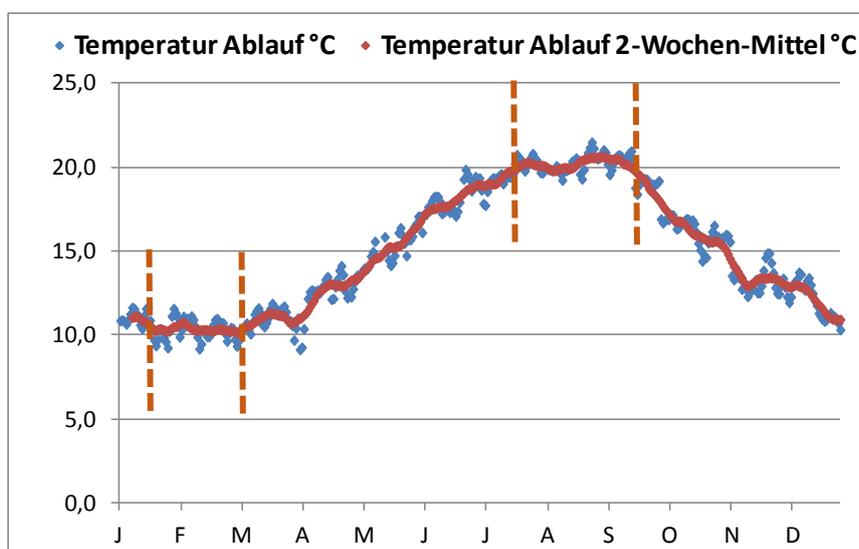


Abb. 3-40: Temperaturen Ablauf, Betriebstagebuch und Messprogramm (2016),  
Jahresmittelwert 15 °C  
Minimum: 10,5 °C: ca. 01.01. – 29.02.2016  
Maximum: 20,0 °C: ca. 15.07. – 30.09.2016

Die Auswertung des Betriebstagebuchs 2016 ergibt die in der nachfolgenden Tab. 3-33 zusammengestellten maßgeblichen Bemessungsdaten.

Tab. 3-33: Zusammenstellung der maßgeblichen Bemessungsdaten 2016

<b>2016 gesamt</b>		<b>Zulauf</b>						
T = 15 °C (i.M.)	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
<b>Mittelwert</b>	<b>2.701</b>	<b>2.050</b>	<b>964</b>	<b>475</b>	<b>114,4</b>	<b>71,9</b>	<b>18,4</b>	<b>364</b>
85-Perzentil	3.905	2.500	1.344	662	153,9	93,5	23,7	539
<b>2016 gesamt</b>		<b>Ablauf Vorklämung</b>						
T = 15 °C (i.M.)	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Wirkungsgrad VKB			22%	0%	8%	0%	11%	44%
<b>Mittelwert</b>	<b>2.701</b>	<b>2.050</b>	<b>755</b>	<b>475</b>	<b>105,2</b>	<b>71,9</b>	<b>16,3</b>	<b>205</b>
85-Perzentil	3.905	2.500	1.052	662	141,5	93,5	21,0	303
<b>01.01. - 29.02.2016</b>		<b>Zulauf, maximale 2-Wochen-Mittel, T = 10,5 °C</b>						
T = 10,5 °C	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
<b>Maximal 2-Wo.-Mittel</b>	<b>4.383</b>	<b>2.976</b>	<b>1.352</b>	<b>666</b>	<b>159,3</b>	<b>110,0</b>	<b>25,9</b>	<b>446</b>
<b>01.01. - 29.02.2016</b>		<b>Ablauf Vorklämung, maximale 2-Wo.-Mittel (rechn.), T = 10,5 °C</b>						
T = 10,5 °C	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Wirkungsgrad VKB			22%	0%	8%	0%	11%	44%
<b>Mittelwert</b>	<b>4.383</b>	<b>2.976</b>	<b>1.059</b>	<b>666</b>	<b>146,5</b>	<b>110,0</b>	<b>23,0</b>	<b>251</b>
<b>15.07.-30.09.2016</b>		<b>Zulauf, maximale 2-Wochen-Mittel, T = 20 °C</b>						
T = 20 °C	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
<b>Maximal 2-Wo.-Mittel</b>	<b>3.398</b>	<b>3.280</b>	<b>1.443</b>	<b>711</b>	<b>113,4</b>	<b>76,8</b>	<b>19,5</b>	<b>430</b>
<b>15.07.-30.09.2016</b>		<b>Ablauf Vorklämung, maximale 2-Wo.-Mittel (rechn.), T = 20 °C</b>						
T = 20 °C	Q <sub>d</sub>	Q <sub>T</sub>	CSB	CSB <sub>filtr</sub>	TN <sub>b</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>ges</sub>	TS
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Wirkungsgrad VKB			22%	0%	8%	0%	11%	44%
<b>Mittelwert</b>	<b>3.398</b>	<b>3.280</b>	<b>1.130</b>	<b>711</b>	<b>104,3</b>	<b>76,8</b>	<b>17,3</b>	<b>242</b>

Das von den Stadtwerken Schlitz umgesetzte Konzept basiert zum einen auf der Realisierung einer anaeroben Schlammbehandlung mit Faulgaserzeugung und Faulgasverwertung, zum anderen auf der Annahme externer Schlämme und Co-Substrate zur Erhöhung der zu vergärenden organischen Masse und damit zur weiteren Erhöhung der Klärgasausbeute.

Aufgrund der Umstellung der Verfahrenstechnik und aufgrund der zusätzlich in der Faulung verarbeiteten externen Schlämme und Substrate war davon auszugehen, dass aus der Schlammbehandlung (Eindickung und Entwässerung) eine erhöhte Rückbelastung insbesondere an Stickstoff- und Phosphorverbindungen eintreten würde. Diese Stoffe führen zu einer Erhöhung der Zulauffrachten der Belebungsanlage und damit zu einer deutlichen zusätzlichen Belastung. Diese sind in der Tab. 3-34 berücksichtigt.

Daher war die Frage der Einhaltung der Überwachungswerte nach Rückbelastung und Erhöhung der Zulauffracht von besonderer Bedeutung.

Die Nachrechnungen der Belebungsanlage erfolgten mit dem Programm „BelebungsExpert“ nach dem DWA-A 131 (2016). Die Ergebnisse sind im Anhang zu finden. Folgende Erläuterungen sind dazu zu geben:

## 1. Anhang 1:

Nachrechnung mit maximalen 2-Wochen-Mittelwerten der Betriebsphase 15.01. – 29.02. 2016 und mittlerer Temperatur von  $T = 10,5 \text{ °C}$

- Das vorhandene Belebungs-Volumen ist **nicht** ausreichend ( $V_{\text{erf}} = 2.313 \text{ m}^3$ ,  $V_{\text{vorh}} = 1.550 \text{ m}^3$ )
- Folgende Ablaufwerte wurden in der Berechnung vorgegeben:  
NH<sub>4</sub>-N: 2,0 mg/l  
NO<sub>3</sub>-N: 8,0 mg/l  
P<sub>ges</sub>: 0,7 mg/l
- Um den NO<sub>3</sub>-N-Ablaufwert einhalten zu können, ist eine Zudosierung einer externen Kohlenstoffquelle erforderlich. Erforderlich sind – je nach Verhältnis VD/VBB - für diesen Bemessungsfall ca. 56 kg CSB/d. Diese können auch durch ein Umfahren der Vorklärung bereitgestellt werden.
- Sauerstoffverbrauch  $OV_d = 946 \text{ kg/d}$

## 2. Anhang 2:

Nachrechnung mit maximalen 2-Wochen-Mittelwerten des Zeitraums 15.07. – 30.09. 2016 bei einer Temperatur von  $T = 20 \text{ °C}$

- Das vorhandene Belebungs-Volumen ist ausreichend ( $V_{\text{erf}} = 881 \text{ m}^3$ ,  $V_{\text{vorh}} = 1.550 \text{ m}^3$ )
- Folgende Ablaufwerte wurden in der Berechnung vorgegeben und können eingehalten werden:  
NH<sub>4</sub>-N: 2,0 mg/l  
NO<sub>3</sub>-N: 6,0 mg/l  
P<sub>ges</sub>: 0,7 mg/l
- Sauerstoffverbrauch  $OV_d = 833 \text{ kg/d}$

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die vorhandene Belebungsanlage der Kläranlage Schlitz mit einem Volumen von  $1.550 \text{ m}^3$  bei Zugrundelegung der maßgebenden Tagesfrachten aus dem Betriebstagebuch 2016 bei niedrigen Temperaturen deutlich zu klein ist.

Die laut den gültigen Überwachungswerten erforderlichen geringen N<sub>ges</sub>-Ablaufwerte können nur durch Zudosierung externer Kohlenstoffquellen oder durch einen Bypass um die Vorklärung zur Erhöhung der für die Denitrifikation verfügbaren organischen Inhaltsstoffe eingehalten werden.

Das vorhandene Belüftungssystem ist zudem für die erhöhten Stickstofffrachten zu klein ausgelegt, weshalb in 2017 die Belüfterplatten erneuert wurden.

### 3.5.10 Berechnung der Anlagenkennwerte bei mittlerer Belastung

Grundlage für die Berechnung der Anlagenkennwerte bei mittlerer Belastung ist die Auswertung des Betriebstagebuchs. Hieraus ergaben sich Jahresmittelwerte, mit denen die Nachrechnung der Belebungsanlage mittels des Programms BelebungsExpert analog DWA-A 131 durchgeführt wurde. Die Zulauffrachten zur Belebungsstufe sind der Tab. 3-33 zu entnehmen. Weitere für die Berechnung herangezogene Jahresmittelwerte sind:

- |   |   |
|---|---|
| • Zulaufwassermenge gesamt<br>(inkl. Schlammwasser) | $Q_{zu} = 988.605 \text{ m}^3/\text{a}$<br>$2.701 \text{ m}^3/\text{d}$ |
| • Primärschlammmenge                                | $Q_{PS} = 5.706 \text{ m}^3/\text{a}$<br>$15,6 \text{ m}^3/\text{d}$    |
| • Rücklaufschlammmenge                              | $Q_{RS} = 704.238 \text{ m}^3/\text{a}$<br>$1.924 \text{ m}^3/\text{d}$ |
| • TS-Gehalt im Belebungsbecken                      | $TS_{BB} = 4,4 \text{ g/l}$   |
| • Mittlere Jahresabwassertemperatur                 | $T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$   |

Die Berechnung mittels des Programms BelebungsExpert ergab folgende Ergebnisse:

- Das vorhandene Belebungs-Volumen ist ausreichend ( $V_{\text{erf}} = 1.261 \text{ m}^3$ ,  $V_{\text{vorh}} = 1.550 \text{ m}^3$ )
- Folgende Ablaufwerte wurden in der Berechnung vorgegeben und können eingehalten werden:
 

$\text{NH}_4\text{-N}$ :	2,0 mg/l
$\text{NO}_3\text{-N}$ :	6,0 mg/l
$P_{\text{ges}}$ :	0,7 mg/l
- Um den  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ablaufwert einhalten zu können, ist eine Zudosierung einer externen Kohlenstoffquelle erforderlich. Erforderlich sind – je nach Verhältnis  $V_D/V_{BB}$  - für diesen Bemessungsfall ca. 62 kg CSB/d. Diese können auch durch ein Umfahren der Vorklärung bereitgestellt werden.
- Sauerstoffverbrauch (i.M.)  $OV_d = 742 \text{ kg/d}$
- Standard Oxygen Transfer Rate  $SOTR = 128 \text{ kg/h}$
- Erforderliches Schlammalter:  $t_{TS,\text{erf}} = 17,4 \text{ d}$
- Vorhandenes Schlammalter:  $t_{TS,\text{vorh}} = 22,3 \text{ d}$
- Überschussschlamm-Produktion rechnerisch:  $\ddot{U}S = 305 \text{ kg TS/d}$

Der Überschussschlamm-Anfall wurde zudem anhand von Messwerten des Betriebspersonals der Kläranlage Schlitz errechnet. Hierfür wurde die Überschussschlammmenge mittels MID kontinuierlich gemessen sowie der TS-Gehalt des Überschussschlammes täglich bestimmt.

Der mittels dieser Daten ermittelte Überschussschlammfall betrug:  $\ddot{U}S = 375 \text{ kg TS/d}$

Die Abweichung zwischen dem aus den Betriebsdaten ermittelten und dem rechnerischen Überschussschlammfall betrug ca. 70 kg TS/d oder ca. 22,9 %. Eine Begründung für diese Abweichung konnte leider nicht ermittelt werden.

### 3.5.11 Berechnung der anlagenbezogenen Idealwerte

Der anlagenbezogene Idealwert für die Kläranlage Schlitz wurde gemäß DWA-A 216 mit den im Anhang A.1 angegebenen Berechnungsformeln in Verbindung mit vorhandenen Betriebsgrößen ermittelt. Das Vorgehen ist im A 216 erläutert und wird hier nicht noch einmal wiederholt.

Als Betriebsgrößen wurden herangezogen:

### Zulaufpumpwerk

- Zulaufwassermenge gesamt (inkl. Schlammwasser) 988.605 m<sup>3</sup>/a
- Förderhöhe gemäß Hydraulik (i.M.) 6,15 m

### Zulaufpumpwerk Sandlofs

- Zulaufwassermenge anteilig Pumpwerk Sandlofs (Abschätzung) 200.000 m<sup>3</sup>/a  
konnte seitens der Stadtwerke Schlitz nicht angegeben werden,  
Förderhöhe mit 4 m angenommen (nach Rücksprache mit Stadtwerke Schlitz)

### Einwohnerwert

- Zulaufbelastung Einwohnerwert im Jahresmittel inkl. Rückbelastung zur Nachrechnung der Belebung unter Berücksichtigung der einzelnen Frachten CSB, N, P, TS 8.036 EW
- Zulaufbelastung Einwohnerwert im Jahresmittel ohne Rückbelastung 7.155 EW

### Schlämme:

- Primärschlamm:
  - Primärschlammmenge 5.706 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe (gem. Hydraulik) 10,60 m
- Rücklaufschlamm
  - Rücklaufschlammmenge 704.238 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe (gem. Hydraulik) 0,60 m
- Überschussschlamm KA Hutzdorf:
  - Überschussschlammmenge Hutzdorf 16.446 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe (gem. Hydraulik) von Nachklärbecken in Schlammbehälter 6,80 m
- Dünnschlamm (Zulauf Eindickung)  
Überschussschlämme gesamt (KA Hutzdorf, Niederaula, Burghaun und Langenschwarz)
  - Dünnschlammmenge insgesamt 21.993 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe 1,40 m
- Dickschlamm (Zulauf Faulbehälter)
  - Dickschlammmenge 5.477 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe (von Eindickung in Faulbehälter) 12,00 m
- Heizschlammumwälzung
  - Heizschlammmenge 8 l/s = 252.979 m<sup>3</sup>/a
  - Förderhöhe (Druckverlust inkl. Wärmetauscher) 1,50 m
- Schlammwässerung Input 11.763 m<sup>3</sup>/a  
TS 3,2 %
- Solare Klärschlamm-trocknung Input ca. 1.750 t/a  
ca. 22 % TS
- Beckenvolumina
  - Sandfang 42,3 m<sup>3</sup> (bei TW)
  - Vorklärung 110 m<sup>3</sup>
  - Belebungsbecken 1.550 m<sup>3</sup>
  - Faulbehälter 600 m<sup>3</sup>

### Belüftung:

- SSOTR im Mittel gemäß Nachrechnung der Kläranlage Hutzdorf analog DWA-M 229 mit dem Programm BelebungsExpert: 128 kg O<sub>2</sub>/h
- SAE 4,35 kg O<sub>2</sub>/kWh
- Einblastiefe 3,70 m
- Druckverlust gesamt 5,50 m

### 3.5.12 Gegenüberstellung Ist-Verbrauchswerte / anlagenbezogene Idealwerte

Die Ist-Verbrauchswerte wurden auf der Basis der Laufzeitenprotokolle des Prozessleitsystems, die zum Teil durch Handaufzeichnungen verifiziert wurden, und den Strommessungen im Zeitraum Oktober / November 2016 ermittelt. Die Ergebnisse der Strommessungen wurden unter Berücksichtigung der Betriebsdaten während der Messphasen - also insbesondere der zum Zeitpunkt der Strommessungen gemessenen Zulaufmengen, Frachten, Schlammengen etc. – auf die Jahresmittelwerte umgerechnet. Das Vorgehen ist nachfolgend am Beispiel des Zulaufpumpwerks erläutert:

Messung Zulauf Schnecke 1			
	Stromverbrauch	Laufzeit	Stromverbrauch
	kWh/d	h	kWh/h
08.11.2016	99,25	22,67	4,38

Messung Zulauf Schnecke 2			
	Stromverbrauch	Laufzeit	Stromverbrauch
	kWh/d	h	kWh/h
08.11.2016	23,16	5,75	4,03

Summe Energieverbrauch			
am 08.11.2016	E		122,40 kWh/d
Zulaufwassermenge 08.11.2016	Q		3.028,0 m <sup>3</sup> /d
Förderhöhe	h		6,64 m
Spez. Energieverbrauch	e <sub>spez</sub>		6,088 Wh/(m <sup>3</sup> *m)
Jahres-Zulaufwassermenge	bei Q		988.605 m <sup>3</sup> /a
	E		39.963,24 kWh/a

Für verschiedene Verbraucher bzw. Baugruppen wurden keine Stromverbräuche gemessen; daher wurde der Ist-Stromverbrauch für diese Verbraucher bzw. Verbraucherguppen anhand der Anschlussleistungen sowie der Laufzeiten (sofern vorhanden) ermittelt bzw. abgeschätzt:

- Messtechnik
- Probenehmer
- Elektrische Heizungen in den Maschinengebäuden Zulaufpumpwerk, Rechengebäude, Sandwaschgebäude und Schlamm entwässerungsgebäude (diese sind lediglich zur Frostüberwachung sowie in Einzelfällen zur leichten Beheizung installiert)
- Beleuchtung, Steckdosen
- Betriebsgebäude inkl. Labor, Schaltwarte, PLS, USV, Küche, Beleuchtung Betriebshof
- Fördertechnik entwässerter Schlamm

- 
- Wärmeverteilungssystem (Heizungssystem)
  - Solare Klärschlamm-trocknung: eine durchgeführte Stromverbrauchsmessung der Solaren Klärschlamm-trocknung konnte aufgrund eines Fehlers des Messgerätes nicht ausgewertet werden

In der nachfolgenden Tab. 3-34 sind die Ist-Stromverbräuche den anlagenbezogenen Idealwerten gegenübergestellt. Die detaillierte tabellarische Gegenüberstellung der Ist-Werte zu den anlagenbezogenen Idealwerten ist im Anhang 4 enthalten.

Der Vergleich des gesamten Stromverbrauches der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit dem gesamten anlagenbezogenen Idealwert ergibt eine Differenz von ca. 32.291 kWh/a entsprechend ca. 4,5 kWh/E\*a.

Tab. 3-34: Gegenüberstellung der Stromverbräuche Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte von 2016) mit den anlagenbezogenen Idealwerten

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Energieverbrauch elektrisch				
			Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung	
				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%
Zulaufpumpw. Sandlofs		Zulaufpumpwerk Sandlofs	7.444,0	4.800,0	Q unklar, H geschätzt	2.644,0	35,5%
Zulaufpumpwerk gesamt		Zulaufschnellen gesamt	39.327,1	32.798,8	Q aus BTB, H aus hydr.LS	6.528,3	16,6%
	ZU PN	Probenehmer Zulauf	1.024,8	1.024,8	k.A. in A 216		
	ZU MT	Messtechnik, Zulauf	6.148,8	6.148,8	k.A. in A 216		
Rechen Regenwetter	RA 1	Siebrechen RW	2,4	2,4	k.A. in A 216		
	RA M 1	Rechengutpresse, RW	31,2	31,2	k.A. in A 216		
Rechen Trockenwetter		Rechananlage gesamt (ohne Rechen RW) (Sammelmessung)	1.552,6	803,6	0,1 kWh/E*a	749,0	48,2%
	Ra MT	Messtechnik, Rechananlage	1.229,8	1.229,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	RA T	Rolltor, Rechengebäude	9,2	9,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	RA GW	Gaswarnanlage	439,2	439,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
RÜB	RÜ M	Motor, Räumbrücke	81,1	129,0	0,5 kW, A 216 A.1	-47,9	-59,0%
Hochwasserpumpw.			91,5	91,5	k. Q vorh.	0,0	0,0%
Sandfang	SA M	Motor, Antrieb Räumbrücke, inkl. Mammutpumpe	828,1	828,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	SA GB 1+2	Gebläse, Sandfang	6.532,1	8.936,6	q <sub>LSF</sub> = 0,5 m³/m³*h	-2.404,5	-36,8%
Sandwaschanlage			8.443,2	8.443,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Vorklärung	VK RM 1	Räumer komplett	345,2	635,6	0,5 kW, A 216 A.1	-290,4	-84,1%
	VK PX	PS-Pumpwerk inkl. Mazerator	1.318,0	379,8	Q <sub>PS</sub> aus BTB, H aus Hydraulik	938,2	71,2%
	VK EP	Pumpe, Entwässerung	73,2	73,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	VK L 1+2 +EP	Füllstand	263,5	263,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	VK F 1+2	Durchfluss	175,7	175,7	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Belebungsbecken Gebläsestation		Gebläsestation gesamt (Sammelmessung)	131.627,0	128.983,4	SOTR 128 kg/h (BelebungsExpert)	2.643,6	2,0%
Belebungsbecken	BB RW	Rührwerk BB	16.900,9	23.666,6	1,75 W/m³	-6.765,6	-40,0%
	BB P 1	Pumpe, Sprühwasser	668,7	668,7	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB P 2	Pumpe, Messtechnik	82,4	82,4	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB P 3+4	Pumpe, Fällmittel	281,8	281,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB MT	Messtechnik	1.551,6	1.551,6	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Nachklärbecken	NK RB	Motor, NKB-Räumer	1.174,1	4.392,0	0,5 kW, A 216 A.1	-3.217,9	-274,1%
	NK MT	Messtechnik, Ablauf	1.229,8	1.229,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	NK P 2	Pumpe, Messtechnik	1.537,2	1.537,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	NK PN	Probenehmer Ablauf	128,1	128,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	PK PR	RS-Pumpwerk	3.878,0	1.852,1	Q <sub>RS</sub> = 1.929 m³/d, H aus Hydraulik	2.025,9	52,2%
	PK PÜ	Pumpe, Überschußschlamm	945,6	484,7	Q <sub>ÜS</sub> = 44,9 m³/d aus BTB, H aus Hydraulik	460,9	48,7%
Überschussschlamm- und Fremdschlammbehandlung	SB RW	Rührwerk, Schlammbehälter	10.320,7	7.460,5	3 W/m³ (analog FB)	2.860,1	27,7%
USS-Eindickung	ÜE P 1	Pumpe, Dünnschlamm, inkl. Mazerator	1.341,9	231,4	Q aus BTB, inkl. ext. Schlämme	1.110,6	82,8%
	ÜE A 1	Eindickung, Huber, inkl. Flockungsmittel	3.326,9	4.398,6	Q aus BTB, e <sub>spez.</sub> 0,2 kWh/m³	-1.071,7	-32,2%
	ÜE P 2	Pumpe, Dickschlamm	1.401,4	288,1	Q <sub>ÜS</sub> = 15 m³/d aus BTB, H Hydraulik	1.113,3	79,4%
	ÜE MT	Messtechnik	6.148,8	6.148,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	ÜE V 1	Ventilator, Gebäude Schlammentwässerung	128,5	128,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Energieverbrauch elektrisch				
			Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung	
				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%
Faulbehälter	FB ZK 1	Mazerator, Fettannahme	889,4	889,4	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	FB P 1	Pumpe, Fettannahme	1.200,5	1.200,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	FB PX	Heizschlamm-pumpen	26.148,1	1.663,3	Q und H aus Hydraulik	24.484,8	93,6%
	AB V 1	Ventilator, Treppenhaus	65,9	65,9	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	FB RW 1	Rührwerk, Faulbehälter	10.788,4	23.593,3	4,5 W/m³	-12.804,9	-118,7%
	FB MT	Messtechnik	4.392,0	4.392,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	FB BHEIZ	Begleitheizung, Wasser Entschäumer	366,0	366,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Gasaufbereitung		inkl. Gasfackel	2.161,2	2.161,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Wärmeerzeugung/BHKW		inkl. Heizkreise	20.182,8	20.182,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Nacheindicker	ND RW	Rührwerk, Nacheindicker	1.770,6	988,2	4,5 W/m³	782,4	44,2%
Schlamm- entwässerung	PK PB	Pumpe, Beschickung 2 Schlamm-entwässerung	36.078,8	23.526,0	e <sub>spez.</sub> = 2,0	12.552,8	34,8%
	SE M 1	Motor, Dekanter					
	SE M 2	Motor, Dekant. Schnecke					
	SE M 3-5	Förderschnecken					
	SE MT	Messtechnik, pauschal	439,2	439,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Fördertechnik			3.967,1	3.967,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Klärschlamm-trocknung			76.328,6	76.328,6	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Schaltraum	ET KL	Klimagerät, E- Technikraum	1.991,0	1.991,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Betriebsgebäude			11.437,5	11.437,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Elektroheizungen		Maschinengebäude	12.078,0	12.078,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%
Steckdosen/Beleuchtung			915,0	915,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%
		Summe	469.234,1	436.943,0		32.291,1	

4,51 kWh/E\*a

### 3.5.13 Schlussfolgerungen und Identifizierung von Maßnahmen, Ermittlung des energetischen Einsparpotentials

Die detaillierte Gegenüberstellung zeigt, dass bei einigen Aggregaten oder Aggregategruppen der Ist-Stromverbrauch zum Teil deutlich geringer ist als der anlagenbezogene Idealwert. Dies gilt für folgende Aggregate:

Tab. 3-35: Aggregate und Aggregategruppen, deren Stromverbräuche im Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte) niedriger als die anlagenbezogenen Idealwerte sind

Aggegat / Aggregategruppe	Ist-Zustand	Anlagenbezogener Idealwert
	kWh/a	kWh/a
Sandfanggebläse	6.532,10	8.936,60
VKB-Räumer	345,2	635,6
Belebungsbecken, Rührwerk	16.900,90	23.666,60
NKB-Räumer	1.174,10	4.392,00
Schlammeindickung	3.326,90	4.398,60
Faulbehälter, Rührwerk	10.788,40	23.593,30
<b>Summe</b>	<b>39.067,60</b>	<b>65.622,70</b>

Bei einigen andere Aggregaten oder Aggregategruppen ist der Ist-Stromverbrauch zum Teil allerdings deutlich höher als der anlagenbezogene Idealwert. Dies gilt für in Tab. 3-36 angeführte Aggregate.

Tab. 3-36: Aggregate und Aggregategruppen, deren Stromverbräuche im Ist-Zustand (auf der Basis der Jahresmittelwerte) höher als die anlagenbezogenen Idealwerte sind

Aggegat / Aggregate- gruppe	Ist-Zustand	Anlagenbez. Idealwert	Differenz	
			kWh/a	0,25 €/kWh
Zulaufpumpwerk	39.327,09	32.798,77	6.528,32	1.632,08 €/a
Rechenanlage	1.552,62	803,60	749,02	187,25 €/a
Primärschlamm-pumpen	1.317,99	379,78	938,21	234,55 €/a
Belüftung	131.627,01	128.983,45	2.643,56	660,89 €/a
Rücklaufschlamm-pumpen	3.878,00	1.852,06	2.025,95	506,49 €/a
Überschussschlamm-pumpen	945,55	484,67	460,88	115,22 €/a
Schlammbehälter, Rührwerk	10.320,66	7.460,54	2.860,13	715,03 €/a
Pumpe Dünnschlamm	1.341,93	231,35	1.110,58	277,64 €/a
Pumpe Dickschlamm	1.401,38	288,08	1.113,30	278,33 €/a
Heizschlamm-pumpen	26.148,06	1.663,26	24.484,81	6.121,20 €/a
Nacheindicker, Rührwerk	1.770,61	988,20	782,41	195,60 €/a
Schlammmentwässerung	36.078,84	23.526,00	12.552,84	3.138,21 €/a
<b>Summe</b>	<b>255.709,75</b>	<b>199.459,75</b>	<b>56.250,01</b>	<b>14.062,50 €/a</b>

Beim Umbau der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf wurde grundsätzlich Wert auf energieeffiziente Aggregate und Verfahren gelegt. Analog zur Tab. 3-34, in der die anlagenbezogenen Idealwerte dem Ist-Zustand gegenüber gestellt wurden, werden in der nachfolgenden Tabelle Tab. 3-37 mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zusammengestellt. Die identifizierten möglichen Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Energieeffizienz und zur Verringerung des Stromverbrauchs beziehen sich daher im Wesentlichen auf den Bestand der Anlagentechnik und auf betriebliche Möglichkeiten. Wesentliche Maßnahmen sind:

#### Zulaufpumpwerk

- Der Wirkungsgrad der Zulaufschnecken scheint ziemlich schlecht zu sein (rechnerischer Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{\text{ges}} = \eta_{\text{Pumpe}} \cdot \eta_{\text{Motor}} = \text{ca. } 0,43$ ); daher langfristiger Austausch der Zulaufschnecken zur Verbesserung des Wirkungsgrads sinnvoll.
- Prüfung, ob Antriebsmotoren auf Effizienzniveau IE3 geändert werden können.

#### Primärschlamm-pumpwerk

- Laufzeit der Primärschlamm-Pumpen reduzieren (zum Teil werden die PS-Pumpen noch betrieben, obwohl der sich in den Vorklärbeckentrichtern befindliche Primärschlamm bereits herausgefördert und nur noch feststoffarmes Wasser gefördert wurde).
- Evtl. regelmäßiger aber kürzerer Betrieb der Pumpen.

#### Belebungsbecken / Gebläsestation

- Die bereits eingeleitete Betriebsoptimierung (über Fuzzy-Regelung) sollte kontinuierlich weiter optimiert werden.

- Ggf. sollte der sehr niedrige erklärte Überwachungswert  $N_{\text{ges,anorg}}$  von 9,6 mg/l angehoben werden, um die biologische Stufe zu entlasten und die erforderliche lange Denitrifikationszeit zu reduzieren; damit wäre mehr Zeit für die Nitrifikation vorhanden (längere belüftete Phasen mit potentiell geringerem  $O_2$ -Eintrag).

#### Nachklärbecken

- Rücklaufschlamm- und Überschussschlammumpen sollten gegen energieeffizientere Aggregate ausgetauscht werden.

#### Schlammbehälter

- Die Laufzeiten des Rührwerks im Schlammbehälter könnten automatisiert und insgesamt reduziert werden; der Betrieb könnte in Intervallen laufen, wodurch insgesamt der Energieverbrauch reduziert werden könnte.

#### Schlammeindickung

- Der Betrieb der Dünnschlamm- und der Dickschlammpumpe sollte optimiert werden, die Hydraulik der Rohrleitungsführung ist zu überprüfen.

#### Faulbehälter

- Die Hydraulik und Betriebsweise der Heizschlammumwälzung sollte überprüft werden. Hier ist ein hohes Einsparpotential gegeben.
- Nach aktuellen Erkenntnissen ist es nicht erforderlich, Faulbehälter kontinuierlich umzuwälzen, wie es derzeit geschieht. Die Betriebszeiten des Rührwerks sollten daher deutlich reduziert werden können.

#### BHKW / Gasnutzung

- Im Monatsmittel der Monate November und Dezember 2016 mit „optimalem“ Betrieb und weitgehender Vollast des BHKW's wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von ca. 29 % ermittelt. Die gemäß Datenblatt des BHKW (siehe Abb. 2-15) seitens des Herstellers angegebenen elektrischen Wirkungsgrade von 33,6 % (bei 75 % Leistung) und 34,2 % (bei 100 % Leistung) wurden also nicht erreicht. Dies sollte gemeinsam mit dem Hersteller überprüft werden.

#### Nacheindicker / Vorlagebehälter vor Schlammwässerung

- Das Rührwerk im Nacheindicker ist mit 11 kW zu groß dimensioniert und sollte mittelfristig ausgetauscht werden gegen ein Aggregat mit geringerer Leistung.
- Die Laufzeiten des Rührwerks im Nacheindicker könnten automatisiert und insgesamt reduziert werden; der Betrieb könnte in Intervallen laufen, wodurch insgesamt der Energieverbrauch reduziert werden könnte.

#### Schlammwässerung

- Die Schlammwässerung ist in Zusammenarbeit mit dem Hersteller detailliert zu überprüfen. Konkrete Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz konnten im Rahmen der Untersuchungen nicht gefunden werden.

#### Klärschlamm Trocknung

- Konkrete Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz der solaren Trocknungsanlage konnten im Rahmen der Untersuchungen nicht gefunden werden.

- Nach Angabe des Personals der KA Schlitz wird die Trocknung im Wesentlichen täglich 24 Stunden betrieben (mit Ausnahme 2 Monate im Winter 2016). Es ist betrieblich zu prüfen, ob ein Betrieb von Ventilatoren und Wendegeräten insbesondere in den Nachtstunden überhaupt einen signifikanten Trocknungseffekt bringt oder ob durch Außerbetriebnahme der Aggregate in diesen Zeiten eine deutliche Energieeinsparung möglich ist.

#### Betriebsgebäude

- Der Energieverbrauch von Klimageräten lässt sich nur durch Austausch der Geräte gegen energieeffizientere Geräte oder durch Reduzierung der Kühlleistung senken. Beides sollte geprüft werden.
- Der Stromverbrauch im Betriebsgebäude setzt sich zusammen aus dem Stromverbrauch vieler einzelner kleiner Verbraucher. Jeder Verbraucher sollte einer detaillierten Überprüfung unterzogen werden. So kann z.B. sich der Austausch von Kühl- und Gefrierschränken bereits nach wenigen Jahren durch einen reduzierten Stromverbrauch amortisieren.
- Die Außenbeleuchtung kann auf LED-Beleuchtung umgestellt werden (Maßnahmen werden gefördert).

#### Elektroheizungen:

- Die Anbindung der Elektroheizungen im Bereich Zulaufpumpwerk, Rechen und Sandwaschgebäude an das Nahwärmesystem ist aufgrund der Entfernung unwirtschaftlich. Die Elektroheizungen sollten bedarfsgerecht betrieben werden und in der Grundlast nur als Frostwächter fungieren.
- Das Schlammwässerungsgebäude kann im Wesentlichen über die Abwärme der Gebläse beheizt werden; eine entsprechende Abwärmenutzung sollte installiert werden. Der Strombedarf der dort installierten Elektroheizung kann damit deutlich reduziert werden.

Das tatsächlich realisierbare Einsparpotential kann schwer eingeschätzt werden, da wesentliche Maßnahmen betrieblicher Natur sind und daher unabhängig von zu tätigen Investitionen sind.

Tab. 3-37: Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in einzelnen Bau-  
gruppen

Aggregat / Stromverbraucher	Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung		Kommentar, mögliche Maßnahmen
		kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%	
<b>Zulaufpumpwerk Sandlofs</b>	<b>7.444,0</b>	4.800,0	Q unklar, H geschätzt	2.644,0	35,5%	Anteilige Wassermengen und Förderhöhen genau bestimmen
<b>Zulaufpumpwerk Gesamt</b> ZU SM Zulaufschnellen	<b>39.327,1</b>	32.798,8	Q aus BTB, H aus hydr.LS	6.528,3	16,6%	langfristiger Austausch der Zulaufschnellen zur Verbesserung des $\eta_{Pumpe}$ Prüfung, ob Antriebsmotoren auf Effizienzniveau IE3 geändert werden können
<b>Rechengebäude</b> Rechenanlage TW	<b>1.552,6</b>	803,6	0,1 kWh/E*a	749,0	48,2%	Verbesserung der Energieeffizienz nur durch Austausch von Rechen und RGW möglich
<b>RÜB</b> RÜ M Motor, Räumbrücke	81,1	129,0	0,5 kW, A 216 A.1	-47,9	-59,0%	keine Verbesserung der Energieeffizienz mögl.
<b>Sandfang</b> SA GB 1+2 Gebläse, Sandfang	<b>6.532,1</b>	8.936,6	$Q_{LSF} = 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$	-2.404,5	-36,8%	Sandfang-Gebläse wird effizient betrieben
<b>Vorklärung</b> VK RM 1 Räumbrücke VK PX 1+2 Pumpen, PS-Schlamm	<b>345,2</b> <b>1.318,0</b>	635,6 379,8	0,5 kW, A 216 A.1 $Q_{PS}$ aus BTB, H aus Hydraulik	-290,4 938,2	-84,1% 71,2%	keine Verbesserung der Energieeffizienz mögl. Laufzeit PS-Pumpe reduzieren, evtl. regel- mäßiger aber kürzerer Betrieb der Pumpen
<b>Gebläsestation</b> Gebläsestation gesamt	<b>131.627,0</b>	128.983,4	SOTR 128 kg/h (BelebungsExpert)	2.643,6	2,0%	bereits eingeleitete Betriebsoptimierung (über Fuzzy-Regelung) weiter optimieren, Überwachungswert $N_{ges,anorg}$ von 9,6 mg/l anheben, um die biologische Stufe zu entlasten
<b>Belebungsbecken</b> BB RW Rührwerk BB	<b>16.900,9</b>	23.666,6	1,75 W/m <sup>3</sup>	-6.765,6	-40,0%	Das Rührwerk wurde in 2011 gegen ein energieeffizientes Rührwerk ausgetauscht; eine weitere Optimierung könnte durch Reduzierung der Drehzahl erfolgen.
<b>Nachklärbecken</b> NK RB Motor, NKB-Räumer PK PR 1+2 Pumpe, Rücklaufschlamm PK PR 2 Pumpe, RS 2 PK PÜ Pumpe, Überschußschlamm	<b>1.174,1</b> <b>3.878,0</b> <b>945,6</b>	4.392,0 1.852,1 484,7	0,5 kW, A 216 A.1 $Q_{RS} = 1.929 \text{ m}^3/\text{d}$ , H aus Hydraulik $Q_{ÜS} = 44,9 \text{ m}^3/\text{d}$ aus BTB, H aus Hydraulik	-3.217,9 2.025,9 460,9	-274,1% 52,2% 48,7%	keine Verbesserung der Energieeffizienz mögl. RS-Pumpen mit je 4 kW Leistung sind deutlich zu groß, mittelfristig anpassen ÜS-Pumpe mit 5,5 kW Leistung ist deutlich zu groß, mittelfristig anpassen
<b>Überschussschlamm- und Fremdschlammbehandlung</b> SB RW Rührwerk, Schlammbehälter	<b>10.320,7</b>	7.460,5	3 W/m <sup>3</sup> (analog FB)	2.860,1	27,7%	Rührwerk Schlammbehälter mit 5,5 kW zu groß, mittelfristig anpassen
<b>ÜSS-Eindickung</b> ÜE P 1 Pumpe, Dünnschlamm ÜE A 1 Eindickung, Huber ÜE P 2 Pumpe, Dickschlamm	<b>1.341,9</b> <b>3.326,9</b> <b>1.401,4</b>	231,4 4.398,6 288,1	Q aus BTB, inkl. ext. Schlämme Q aus BTB, $e_{spez.} 0,2 \text{ kWh}/\text{m}^3$ $Q_{ÜS} = 15 \text{ m}^3/\text{d}$ aus BTB, H Hydraulik	1.110,6 -1.071,7 1.113,3	82,8% -32,2% 79,4%	Betrieb Dünnschlammpumpe optimieren, Hydraulik der Rohrleitungsführung prüfen Betrieb Dickschlammpumpe optimieren, Hydraulik der Rohrleitungsführung prüfen

Aggregat / Stromverbraucher	Werte für Energieanalyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung		Kommentar, mögliche Maßnahmen
		kWh/a	Kommentar, Berechnungsgrundlage	kWh/a	%	
<b>Faulbehälter</b>						
<b>FB PX 1+2</b> Pumpen, Heizschlamm	<b>26.148,1</b>	1.663,3	Q und H aus Hydraulik	24.484,8	93,6%	Heizschlammumpen mit je 5,5 kW Leistung (Leistungsaufnahme 3 kW), Hydraulik der Rohrleitungsführung überprüfen
<b>FB RW 1</b> Rührwerk, Faulbehälter	<b>10.788,4</b>	23.593,3	4,5 W/m <sup>3</sup>	-12.804,9	-118,7%	Nach aktuellen Erkenntnissen ist es nicht erforderlich, Faulbehälter kontinuierlich umzuwälzen, wie es derzeit geschieht. Die Betriebszeiten des Rührwerks sollten daher deutlich reduziert werden.
<b>Nacheindicker</b>						
<b>ND RW</b> Rührwerk, Nacheindicker	<b>1.770,6</b>	988,2	4,5 W/m <sup>3</sup>	782,4	44,2%	Rührwerk NED mit 11 kW, mittelfristig austauschen gegen geringere Leistung
<b>Schlammwässerung</b>						
<b>PK PB</b> Pumpe, Beschickung Schlammwässerung	<b>36.078,8</b>	23.526,0	e <sub>spez.</sub> = 2,0	12.552,8	34,8%	Der Betrieb der Schlammwässerung ist in Kooperation mit dem Hersteller detailliert zu überprüfen. Konkrete Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz konnten im Rahmen der Untersuchungen nicht gefunden werden.
<b>SE M</b> Dekanter						
<b>Klärschlamm Trocknung</b>	<b>76.328,6</b>	76.328,6	k.A. in A 216	0,0	0,0%	Konkrete Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz der solaren Trocknungsanlage konnten im Rahmen der Untersuchungen nicht gefunden werden. Nach Angabe des Personals der KA Schlitz wird die Trocknung im Wesentlichen täglich 24 Stunden betrieben (mit Ausnahme 2 Monate im Winter 2016). Es ist betrieblich zu prüfen, ob ein Betrieb von Ventilatoren und Wendegeräten insbesondere in den Nachtstunden einen Trocknungseffekt bringt oder ob durch Außerbetriebnahme in diesen Zeiten eine deutliche Energieeinsparung möglich ist.
<b>ET KL</b> Klimagerät, E-Technikraum	<b>1.991,0</b>	1.991,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%	Der Energieverbrauch von Klimageräten lässt sich nur durch Austausch des Geräts gegen ein energieeffizienteres Gerät oder durch Reduzierung der Kühlleistung senken. Beides sollte geprüft werden.
<b>Betriebsgebäude</b>	<b>11.437,5</b>	11.437,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%	Der Stromverbrauch im Betriebsgebäude setzt sich zusammen aus dem Stromverbrauch vieler einzelner kleiner Verbraucher. Jeder Verbraucher sollte einer detaillierten Überprüfung unterzogen werden. So kann z.B. sich der Austausch von Kühl- und Gefrierschränken bereits nach wenigen Jahren durch einen reduzierten Stromverbrauch amortisieren. Die Außenbeleuchtung kann auf LED-Beleuchtung umgestellt werden (Maßnahmen werden gefördert).
<b>Elektroheizungen</b>	<b>12.078,0</b>	12.078,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%	Die Anbindung der Elektroheizungen im Bereich Zulaufpumpwerk, Rechen und Sandwaschgebäude an das Nahwärmesystem ist aufgrund der Entfernung unwirtschaftlich. Die Elektroheizungen sollten bedarfsgerecht betrieben werden und in der Grundlast nur als Frostwächter fungieren. Das Schlammwässerungsgebäude kann im Wesentlichen über die Abwärme der Gebläse beheizt werden; eine entsprechende Abwärmenutzung sollte installiert werden.

### 3.6 Umweltbilanz

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse des Jahres 2016 nach Umbau mit dem Jahr 2014 vor Umbau ist schwierig, da in 2016 insbesondere die Faulung mit Gaserzeugung und Gasnutzung im BHKW nicht störungsfrei betrieben werden konnte. Wie bereits dargestellt, musste der Faulbehälter aufgrund einer Undichtigkeit am Faulbehälterkopf im Juli 2016 außer Betrieb genommen werden und anschließend nach Sanierung wieder in Betrieb genommen werden. Dadurch konnte im Sommer keine optimale Faulgasproduktion und -nutzung erfolgen.

In der nachfolgenden Tab. 3-38 sind dennoch zunächst die Energiedaten (Energieverbräuche elektrisch und thermisch sowie Energieerzeugung aus Faulgasnutzung) des gesamten Jahres 2016 zusammengestellt.

Tab. 3-38: Zusammenstellung des Energieverbrauchs (elektrisch und thermisch) sowie der sich daraus ergebenden CO<sub>2</sub>-Emissionen der Jahre 2014/15 vor Umbau und 2016 nach Umbau, tatsächliche Messwerte

		2014/2015	2016 (Messwerte)	Einsparung
<b>elektrische Energie</b>				
Stromverbrauch	kWh/a	365.386	469.297	-103.911
Eigenstromerzeugung	kWh/a	0	232.126	232.126
Fremdstrombezug	kWh/a	365.386	237.171	128.215
<b>thermische Energie</b>				
Flüssiggas	kWh/a	55.800	31.242	24.558
<b>CO<sub>2</sub>-Bilanz</b>				
spez. CO <sub>2</sub> -Emission dt. Strommix	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,527	0,527	
CO <sub>2</sub> -Emission Strom	t CO <sub>2</sub> /a	192,6	125,0	67,6
spez. CO <sub>2</sub> -Emission Flüssiggas	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,277	0,277	
CO <sub>2</sub> -Emission Wärme	t CO <sub>2</sub> /a	15,5	8,7	6,8
<b>Summe CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>208,0</b>	<b>133,6</b>	<b>74,4</b>

Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden folgende spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verwendet:

- Elektrische Energie (deutscher Strommix): 527 g CO<sub>2</sub>/kWh  
(Statista, 2016, <https://de.statista.com>, aufgerufen am 20.09.2017)
- Flüssiggas (IINAS, 2016, [www.iinas.org](http://www.iinas.org),  
Version 4.95, Stand 11/2016) 277 g CO<sub>2</sub>/kWh  
(aufgerufen am 20.09.2017)

Selbst unter Berücksichtigung des nicht optimalen Betriebs in 2016 wurde durch den Umbau für die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf eine Verbesserung gegenüber 2014/15 erreicht beim

- Strombezug um 128.215 kWh/a entspr. ca. 17,9 kWh/(E\*a)
- Bezug externer thermischer Energie um 24.558 kWh/a entspr. ca. 3,4 kWh/(E\*a)
- CO<sub>2</sub>-Emission um 74,4 t CO<sub>2</sub>/a entspr. ca. 10,4 g CO<sub>2</sub>/E\*a

Werden die optimalen Betriebsmonate November und Dezember 2016 zugrunde gelegt, ergibt sich das in Tab. 3-39 dargestellte Bild.

Tab. 3-39: Zusammenstellung des theoretisch möglichen Energieverbrauchs (elektrisch und thermisch) sowie der sich daraus ergebenden CO<sub>2</sub>-Emissionen der Jahre 2014/15 vor Umbau und 2016 nach Umbau, Hochrechnung aufgrund der Ergebnisse im November und Dezember 2016

		2014/2015	2016 (optimal)	Einsparung
<b>elektrische Energie</b>				
Stromverbrauch	kWh/a	365.386	469.297	-103.911
Eigenstromerzeugung	kWh/a	0	382.863	382.863
Fremdstrombezug	kWh/a	365.386	86.434	278.952
<b>thermische Energie</b>				
Flüssiggas	kWh/a	55.800	0	55.800
<b>CO<sub>2</sub>-Bilanz</b>				
spez. CO <sub>2</sub> -Emission dt. Strommix	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,527	0,527	
CO <sub>2</sub> -Emission Strom	t CO <sub>2</sub> /a	192,6	45,6	147,0
spez. CO <sub>2</sub> -Emission Flüssiggas	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,277	0,277	
CO <sub>2</sub> -Emission Wärme	t CO <sub>2</sub> /a	15,5	0,0	15,5
<b>Summe CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>208,0</b>	<b>45,6</b>	<b>162,5</b>

Wird ein optimaler Betrieb für 2016 zugrunde gelegt, würde durch das optimierte Konzept der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf eine Verbesserung gegenüber 2014/15 erreicht werden bei

- Strombezug um 278.952 kWh/a auf 86.434 kWh/a  
entspr. ca. 12,1 kWh/(E\*a)
- Bezug von Flüssiggas um 55.800 kWh/a auf 0 kWh/a
- CO<sub>2</sub>-Emission um 162,5 t CO<sub>2</sub>/a auf 45,6 t CO<sub>2</sub>/a  
entspr. ca. 6,4 kg CO<sub>2</sub>/E\*a

### 3.7 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Ergänzend zu den Gegenüberstellungen des Energieverbrauchs sowie der sich daraus ergebenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in der nachstehenden Tab. 3-40 die wirtschaftlichen Aspekte des Umbaus in Bezug zum Energieverbrauch sowie den Entsorgungskosten gesetzt. Die Tab. 3-40 stellt die Investitionen des Umbaus sowie die sich daraus ergebenden Kapitalkosten mit den Aufwendungen für den Energiebezug sowie der Klärschlamm- und Co-Substratannahme nach dem Umbau (Betriebsjahr 2016 sowie Hochrechnung auf einen optimalen Betrieb) den Energie- und Entsorgungskosten vor dem Umbau der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf in 2015 in Relation gegenüber.

Die Gegenüberstellung ergibt, dass aufgrund der vergleichsweise hohen Investitionen die sich daraus ergebenden hohen Kapitalkosten von den wirtschaftlichen Vorteilen aus dem geringeren Energieverbrauch und dem Saldo der Entsorgungskosten nicht ausgeglichen werden können.

Tab. 3-40: Zusammenstellung der Investitionen des Umbaus sowie der sich daraus ergebenden Kapitalkosten mit den Aufwendungen für Energiebezug sowie der Klärschlamm- und Co-Substratannahme nach dem Umbau (Betriebsjahr 2016 sowie Hochrechnung auf einen optimalen Betrieb) mit den Energie- und Entsorgungskosten vor dem Umbau der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf in 2015

Kläranlage Schlitz-Hutzdorf		Kläranlage Schlitz-Hutzdorf		Umbau Kläranlage Schlitz-Hutzdorf		Umbau Kläranlage Schlitz-Hutzdorf	
Förderschwerpunkt EAA "Kleine und mittlere Kläranlagen Aufwand in Bezug auf Energie- und Klärschlamm"		vor Umbau (2015)		Betriebsjahr 2016		Optimaler Betrieb	
		9.273 EW		7.155 EW		7.155 EW	
<b>INVESTITIONEN</b>							
Bautechnik			0,00 €		1.368.039,69 €		1.368.039,69 €
Komponenten der M-Technik			0,00 €		1.195.974,39 €		1.195.974,39 €
Komponenten der EMSR-Technik			0,00 €		435.134,73 €		435.134,73 €
<b>SUMME INVESTITIONEN</b>			<b>0,00 €</b>		<b>2.999.148,81 €</b>		<b>2.999.148,81 €</b>
<b>KAPITALKOSTEN</b>		Zinssatz 1,0%					
<b>Bautechnik und Planung</b>							
Abschreibungszeit 30 Jahre							
Zinssatz 1,0%							
Annuitätsfaktor a= 0,03875			0,00 €/a		53.008,96 €/a		53.008,96 €/a
<b>Maschinentechnik</b>							
Abschreibungszeit 15 Jahre							
Zinssatz 1,0%							
Annuitätsfaktor a= 0,07212			0,00 €/a		86.258,19 €/a		86.258,19 €/a
<b>Elektrotechnik</b>							
Abschreibungszeit 15 Jahre							
Zinssatz 1,0%							
Annuitätsfaktor a= 0,07212			0,00 €/a		31.383,56 €/a		31.383,56 €/a
<b>KAPITALKOSTEN GESAMT</b>			<b>0,00 €/a</b>		<b>170.650,71 €/a</b>		<b>170.650,71 €/a</b>
<b>FESTE BETRIEBSKOSTEN</b>		<b>Spez. Ansätze</b>					
<b>Wartung/Reparatur</b>							
Bautechnik	1,00 %/a d. Invest.		0,00 €/a		13.680,40 €/a		13.680,40 €/a
Maschinen- und E-MSR-Technik	4,00 %/a d. Invest.		0,00 €/a		47.838,98 €/a		47.838,98 €/a
E-MSR-Technik	5,00 %/a d. Invest.		0,00 €/a		21.756,74 €/a		21.756,74 €/a
<b>Summe Wartung / Reparatur</b>			<b>0,00 €/a</b>		<b>83.276,11 €/a</b>		<b>83.276,11 €/a</b>
<b>Versicherung</b>							
Gebäudeversicherung	0,07 %/a d. Invest.		0,00 €/a		957,63 €/a		957,63 €/a
Maschinenversicherung	0,25 %/a d. Invest.		0,00 €/a		2.989,94 €/a		2.989,94 €/a
Elektronikversicherung	0,20 %/a d. Invest.		0,00 €/a		870,27 €/a		870,27 €/a
<b>Summe Versicherung</b>			<b>0,00 €/a</b>		<b>4.817,83 €/a</b>		<b>4.817,83 €/a</b>
<b>Personal (Mehrbedarf)</b>	50.000 €/p*a	Anzahl 0,0	0,00 €/a	Anzahl 0,5	25.000,00 €/a	Anzahl 0,5	25.000,00 €/a
<b>FESTE BETRIEBSKOSTEN</b>			<b>0,00 €/a</b>		<b>113.093,94 €/a</b>		<b>113.093,94 €/a</b>
<b>SUMME FESTE KOSTEN</b>			<b>0,00 €/a</b>		<b>283.744,65 €/a</b>		<b>283.744,65 €/a</b>
<b>VARIABLE BETRIEBSKOSTEN</b>							
<b>Energiekosten</b>							
Strombedarf	Strompreis i.M.						
Stromverbrauch insgesamt	0,254 €/kWh	365.386 kWh/a	92.962,24 €/a	469.297 kWh/a	119.399,48 €/a	469.297 kWh/a	119.399,48 €/a
Stromproduktion durch BHKW							
Stromproduktion	0,254 €/kWh	0 kWh/a	0,00 €/a	232.126 kWh/a	-59.057,96 €/a	390.684 kWh/a	-99.398,60 €/a
BHKW-Wartung	0,010 €/kWh	0 kWh/a	0,00 €/a	232.126 kWh/a	2.321,26 €/a	390.684 kWh/a	3.906,84 €/a
Wärmebedarf							
Flüssiggas	0,56 €/l	8.500 l/a	4.771,25 €/a	7.240 l/a	4.063,98 €/a	0 l/a	0,00 €/a
<b>Summe Energiekosten variabel</b>			<b>97.733,48 €/a</b>		<b>66.726,76 €/a</b>		<b>23.907,72 €/a</b>
<b>Klärschlamm und Co-Substrate</b>							
Klärschlammannahme							
Nassschlamm	3,50 €/t	0 t/a	0,00 €/a	5.547 t/a	-19.414,50 €/a	6.000 t/a	-21.000,00 €/a
Externe Substrate							
Obst- und Kornschlempen	3,50 €/t	0 t/a	0,00 €/a	210 t/a	-735,00 €/a	500 t/a	-1.750,00 €/a
Fettflotale und Teigreste	15,00 €/t	0 t/a	0,00 €/a	371 t/a	-5.565,00 €/a	1.000 t/a	-15.000,00 €/a
Klärschlamm Entsorgung getrocknet oder entwässert	61,68 €/t	300 t/a	18.503,31 €/a	367 t/a	22.648,05 €/a	400 t/a	24.671,08 €/a
<b>Summe Klärschlamm und Co-Substrate variabel</b>			<b>18.503,31 €/a</b>		<b>-3.066,45 €/a</b>		<b>-13.078,92 €/a</b>
<b>SUMME VARIABLE BETRIEBSKOSTEN</b>			<b>116.236,79 €/a</b>		<b>63.660,31 €/a</b>		<b>10.828,80 €/a</b>
<b>SUMME JAHRESKOSTEN</b>			<b>116.236,79 €/a</b>		<b>347.404,96 €/a</b>		<b>294.573,45 €/a</b>
<b>SPEZIFISCHE KOSTEN (€/EW*a)</b>			<b>16,25 €/EW*a</b>		<b>48,55 €/EW*a</b>		<b>41,17 €/EW*a</b>

### 3.8 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Das hier auf einer kleinen Kläranlage ( ca. 10.000 EW) durchgeführte Projekt vereint alle gängigen Bauteile und Anlagentechniken nach dem derzeitigen Stand der Technik, die in dieser Art und Weise üblicherweise erst bei Kläranlagen mit > 25-30.000 EW realisiert werden.

Hierzu gehört insbesondere

- die Realisierung einer Vorklärung zur Abtrennung energiereichen Primärschlamm,
- der Bau einer Annahme- und Speicherstation für externe Schlämme und sonstige organische Substrate zur Mitvergärung in der Faulung,
- die Realisierung einer maschinellen Überschussschlammeindickung zur Verbesserung des Betriebs der nachgeschalteten Faulung,
- der Bau und Betrieb einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulung) mit erforderlichen Aggregaten zur Heizschlammaufwärmung und Umwälzung sowie Gasfassung,
- der Bau und Betrieb einer Gasnutzungsanlage mit Faulgasspeicher, BHKW und Wärmeverteilung,
- die Optimierung der vorhandenen bisher rein solar betriebenen Klärschlamm-trocknung durch Abwärmenutzung aus dem BHKW, zur Vorbereitung eines zukunftsfähigen Klärschlamm-nutzungskonzeptes inkl. Phosphorrückgewinnung.

Aufgrund der Tatsache, dass auf der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf jetzt Fremdschlämme anderer Kommunen sowie verschiedene Co-Substrate (Korn- und Obstschlempen, Teigreste und Fettflo-tate) angenommen und verwertet werden, ergeben sich erhebliche Unterschiede bei diesem Pro- jekt gegenüber anderen Kläranlagen dieser Größenordnung.

Aufgrund der zusätzlichen angenommenen Schlämme und Substrate und der Umstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung) ergibt sich allerdings auch eine deutliche Erhö- hung der Stickstoff- und Phosphor-Konzentrationen im Schlammwasser (insbesondere im Zentrat der Schlammmentwässerung), was zu einer erhöhten Rückbelastung und damit zu einer Erhöhung der Stickstoff- und Phosphor-Frachten im Zulauf der Kläranlage führt. Dies erfordert eine genauere Überwachung des Betriebs der Kläranlage in Bezug auf die Ablaufwerte.

## 4 Übertragbarkeit

### 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Wie bereits zuvor erwähnt, wurden bei dem vorliegenden Projekt die Maßnahmen unter Verwendung von gängigen Verfahrensstufen und Bauteilstrukturen für die Errichtung einer Faulung realisiert.

Alle damit verbundenen technischen Randbedingungen ergaben keinerlei Probleme.

Allerdings ergaben sich im Zusammenhang mit der „Akquisition“ der Fremdschlämme und der Planung der Logistik für den Eintrag des CO-Substrates doch einige Hürden, welche grundsätzlich genommen werden mussten.

Weitestgehend beruhten die Probleme auf der Umsetzung der interkommunalen Zusammenarbeit und der damit verbundenen Definition der Schnittstelle bis hin zur vertraglichen Konzeption im Zuge einer Verwaltungsvereinbarung.

Obgleich im Vorfeld des Projektes von vielen Kommunen eine Bereitschaft signalisiert wurde, sich an diesem Projekt zu beteiligen, ergaben sich bei konkreten Verhandlungen doch einige Diskussionspunkte, welche es galt in einem Zeitraum von ca. 1 ½ Jahres abzarbeiten, um den gewünschten Erfolg der interkommunalen Zusammenarbeit zu erzielen.

Als Empfehlung gilt hier für zukünftige, ähnliche Verfahren, dass im Vorfeld sehr transparent mit allen Beteiligten über mögliche Beteiligungskosten und Behandlungskosten gesprochen werden muss. Parallel ist es eminent, dass sich der Betreiber einer solchen Anlage frühzeitig Gedanken macht, welche betrieblichen Aufwendungen und Kosten für die hier betroffene Teilstrombehandlung des Zentratwassers und die Klärschlammbehandlung entstehen.

Andockend an diese vorher gemachten Erkenntnisse können dann relativ schnell und einfach die Gespräche für eine interkommunale Zusammenarbeit geführt werden.

Aufgrund der zusätzlich angenommenen Schlämme und Substrate und der Umstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung) ergibt sich allerdings eine deutliche Erhöhung der Stickstoff- und Phosphor-Konzentrationen im Schlammwasser (insbesondere im Zentrat der Schlammwässerung), was zu einer erhöhten Rückbelastung und damit zu einer Erhöhung der Stickstoff- und Phosphor-Frachten im Zulauf der Kläranlage führt. Dies muss insbesondere im Betrieb beachtet werden und erfordert eine genauere Überwachung der Kläranlage in Bezug auf die Ablaufwerte. Im Betrieb wurde zeitweise Rohabwasser um die Vorklärung herumgeführt, um in der Belebungsstufe ausreichend organische Fracht für eine weitgehende Denitrifikation zu erhalten.

Ggf. könnten diese erhöhten Rückbelastungen über eine gezielte MAP-Fällung oder eine Deammonifikation im Schlammwasser / Zentrat reduziert werden. Dies sollte für eine weitere Optimierung der Kläranlage Schlitz diskutiert werden.

Die zum Teil unzureichende Nitrifikation konnte auf eine Verringerung des nutzbaren Beckenvolumens des Belebungsbeckens durch erhebliche Sandablagerungen zurückgeführt und nach Räumung des Beckens behoben werden.

### 4.2 Modellcharakter / Übertragbarkeit

Der Modellcharakter für dieses Projekt ergibt sich aus dem Umstand heraus, dass die Errichtung einer Klärschlammfaulung mit nachfolgender Gasaufbereitung und Eigenstromerzeugung auch bei vergleichsweise kleinen Kläranlagen wirtschaftlich möglich ist. Die bisherige Lehrmeinung,

---

dass diese aufwendige Schlammbehandlung und Faulgasnutzung erst ab einem Anschlusswert von 25.000 bis 30.000 EW wirtschaftlich dargestellt werden kann, ist damit widerlegt.

Die Mitbehandlung von Klärschlämmen benachbarter Kläranlagen sowie die Co-Fermentation und Mitbehandlung von Substraten aus der stadt eigenen Kornbrennerei und anderer in der Region ansässiger Betriebe führt zu einer Erhöhung der Faulgasproduktion und damit zu einer Erhöhung der Eigenstrom- und Wärmeerzeugung. Dadurch reduziert sich für die Anlage Schlitz-Hutzdorf der extern bezogenen Energiebedarfs deutlich auf nur noch ca. 20 kWh/E\*a.

Dieser Wert kann durch eine weitere Optimierung der Verfahrenstechnik noch verbessert werden.

Das heißt, dass durch interkommunale Kooperation, mit entsprechend erforderlicher Kommunikation über Gemeindegrenzen hinweg, eine energetische und wirtschaftliche Optimierung der Abwasser- und Schlamm Entsorgung möglich ist. Dies kann sicher auf andere gleichwertige Strukturen übertragen werden.

Bei der Herleitung der vertraglichen Grundlagen für die Annahme der externen Schlämme und Co-Substrate mussten aber einige politischen wie juristischen Hürden überwunden werden. Diese hier gesammelten Erfahrungen können in anderen Strukturen nunmehr direkt angewendet werden.

## 5 Zusammenfassung / Summary

Die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf wurde mit Unterstützung durch das Umweltinnovationsprogramm „UIP- Förderschwerpunkt „Energieeffiziente Abwasseranlagen, Punkt 2.2.5, Realisierung innovativer Konzepte bei kleinen und mittelgroßen Abwasserbehandlungsanlagen“ in den Jahren 2014 bis 2016 umgebaut. Wesentliche Maßnahmen waren:

- **Optimierte Organisationsform** durch Realisierung eines Klärschlamm-Verwertungskonzeptes im Verbund mit externen Kläranlagenbetreibern,
- **Optimierung der Abwasserreinigung**  
Bau einer Vorklärung zur Abtrennung des hoch energiereichen Primärschlammes mit einem Volumen von  $V_{VKB} = 110 \text{ m}^3$ ,
- **Optimierung der Klärschlammbehandlung und Klärgasproduktion**  
Bau einer Faulungsanlage mit einem Nutzvolumen von  $V_{FB} = 600 \text{ m}^3$  mit vorgeschalteter maschineller Überschussschlammeindickung mit
  - Vergärung des Primärschlammes sowie des Überschussschlammes der Kläranlage Schlitz
  - Mitbehandlung von Überschussschlämmen externer Kläranlagen, hierfür Bau eines Annahme- und Lagerbehälters für externe Klärschlämme,  $V = 600 \text{ m}^3$
  - Maschinelle Überschussschlammeindickung als Scheibeneindicker zur Eindickung von ca. 1 % TS (Überschussschlamm der Kläranlage Schlitz) bzw. ca. 2-3 % (Überschussschlämme der Kläranlagen Niederaula, Burghaun und Langenschwarz) auf ca. 6 % TS
  - Annahme von Co-Substraten aus der Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH sowie anderer Unternehmen
  - Erhöhung der Klärgasmenge
- **Bau einer Klärgasnutzungsanlage als Blockheizkraftwerk**
  - zur Bereitstellung selbst erzeugter elektrischer und thermischer Energie max.  $50 \text{ kW}_{el}$ ,  $71 \text{ kW}_{th}$
  - zur Reduzierung des externen Strombezugs
  - und damit zur Verbesserung der Energiesituation
- **Optimierung der Wärmeversorgung der Kläranlage / Abwärmenutzung**
  - Realisierung einer weitgehenden Eigenwärmeversorgung der Kläranlage mit Beheizung des Faulbehälters, der Betriebsgebäude sowie einer Zusatz-Versorgung der solaren Klärschlamm-trocknungsanlage
  - Installation eines Nahwärmenetzes zur Wärmeversorgung des Faulbehälters, der Betriebsgebäude sowie der bereits bestehenden Klärschlamm-trocknungsanlage

Die Leistungen wurden im Wesentlichen von Anfang 2014 bis Ende 2015 erbracht:

- |                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| • Planung                        | Januar – September 2014    |
| • Bauarbeiten                    | Januar – November 2014     |
| • Maschinentechnische Ausrüstung | November 2014 – April 2015 |
| • Elektrotechnische Ausrüstung   | Oktober 2014 – August 2015 |
| • Inbetriebnahme, Probetrieb     | Juli – Dezember 2015       |
| • Messprogramm                   | Januar – Dezember 2016     |

Im Rahmen des Messprogramms wurde eine mittlere Anschlussgröße von 7.155 EW<sub>120</sub> ermittelt, was sich in etwa mit den tatsächlich im Einzugsgebiet wohnenden ca. 7.003 Einwohnern (Stand 2016) deckt.

Aufgrund von Undichtigkeiten am Faulbehälterkopf musste der Faulbehälter im Sommer 2016 außer Betrieb genommen und saniert werden. Daher konnte ein stabiler Betrieb der Faulung und Gasnutzung (inkl. der Annahme von Fremdschlämmen und Co-Substraten) erst zum Ende des Untersuchungszeitraumes 2016 erreicht werden. Dadurch wurde auch das Messprogramm beeinträchtigt.

Das in 2016 durchgeführte Messprogramm zur Überprüfung der Zu- und Ablaufkonzentrationen und Frachten ergab einen weitgehend stabilen Betrieb der Abwasserreinigung. Aufgrund der erhöhten Rückbelastung aus der Schlammwässerung kam es aber dennoch zu verschiedenen Überschreitungen der Überwachungswerte insbesondere der Parameter NH<sub>4</sub>-N und N<sub>ges</sub>. Anfang des Jahres 2017 wurde daher das Belebungsbecken von erheblichen Sand- und Schlammablagerungen geräumt, wodurch nunmehr ein deutlich größeres Beckenvolumen zur Verfügung steht. Weiterhin wurden die Belüfterplatten, die teilweise verhärtet und porös waren, ausgetauscht. Nach Angaben der Stadtwerke Schlitz haben sich die Ablaufwerte nach diesen beiden Maßnahmen deutlich verringert.

Im Vergleich zu den Jahren 2014 und 2015 vor Umbau der Kläranlage ist der Gesamt-Stromverbrauch der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf um ca. 100.000 kWh/a oder ca. 28,5 % angestiegen. Dies ist bedingt durch die zusätzlichen Verfahrensstufen Vorklärung, Schlamm- und Substratanahme, Schlammeindickung und Faulung mit entsprechenden zusätzlichen Stromverbrauchern. Andere Verbraucher wie die Schlammwässerung wurden mehr beansprucht; die Zulauffrachten zur Belebung insbesondere mit Stickstoffverbindungen sind durch die erhöhte Rückbelastung angestiegen.

Dennoch kann sich die Kläranlage Schlitz-Hutzdorf aufgrund der energetischen Nutzung des Primär- und Überschussschlammes und zusätzlicher Nutzung externer Schlämme und Substrate - ohne Anrechnung der Klärschlamm-trocknung, die eine besondere Verfahrenstechnik darstellt - bei stabilem Betrieb zu ca. 90 % mit eigenem erzeugtem Strom versorgen.

Wird ein optimaler Betrieb zugrunde gelegt, würde durch das optimierte Konzept der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf eine Verbesserung gegenüber 2014/15 erreicht werden bei

- Strombezug von ca. 365.386 kWh/a um 278.952 kWh/a auf 86.434 kWh/a  
entspr. ca. 12,1 kWh/(E\*a)
- Bezug von Flüssiggas um 55.800 kWh/a auf 0 kWh/a
- CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 208 t CO<sub>2</sub>/a um 162,5 t CO<sub>2</sub>/a auf 45,6 t CO<sub>2</sub>/a  
entspr. ca. 6,4 kg CO<sub>2</sub>/E\*a

Wie bereits oben erläutert wurde Anfang 2017 das Belebungsbecken entschlammt und von Sand befreit; weiterhin wurden die alten Belüfterplatten ausgetauscht. Beide Maßnahmen führen zu einer weiteren Reduzierung des Energiebedarfs, der aber nicht quantifiziert werden kann.

Weitere Optimierungspotentiale liegen laut Energieanalyse in einem optimierten Betrieb der Baugruppen

- Rücklaufschlamm- und Überschussschlamm-pumpen (ggf. Austausch der Aggregate)
- Faulung (durch Reduzierung der Umwälzenergie)
- Rührwerke in Schlammbehälter und Nacheindicker
- Trocknung
- Elektroheizungen (Betrieb als Frostwächter, Nutzung der Gebläseabwärme)

Bei dieser Betrachtung sind nicht berücksichtigt die möglichen Reduzierungen des Energiebedarfs auf den Kläranlagen, die ihren Überschussschlamm zur zentralen Behandlung liefern. Auf diesen Anlagen kann das Schlammalter deutlich reduziert werden; eine aerobe Stabilisierung vor der Klärschlammmentsorgung wäre nicht mehr notwendig, was zu einem deutlich geringeren Bedarf an Belüftungsenergie auf diesen Anlagen führen kann.

Das auf der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf umgesetzte Konzept steht exemplarisch für viele Kläranlagen der unteren Größenklasse 4 (ca. 10.000 bis 20.000 EW), die in der Regel noch mit energieintensiven aerob stabilisierenden Belebungsanlagen ausgerüstet sind. Durch Kooperationen mit benachbarten Kläranlagenbetreibern und Gewerbe- und Industriebetrieben, die über organische Reststoffe verfügen, kann bei entsprechender Dimensionierung der Faulung und Gasnutzung zusätzliche elektrische und thermische Energie erzeugt werden.

Je nach zusätzlicher Substratmenge ist ein energieautarker Betrieb möglich.

## Summary

The sewage treatment plant Schlitz-Hutzdorf was rebuilt in the years 2014 to 2016 with the support of the environmental innovation program "UIP German Environmental Innovation Program" of the Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt UBA) focal point of "Energy Efficient Wastewater Treatment Plants", Point 2.2.5, Realization of Innovative Concepts for Small and Medium-sized Wastewater Treatment Plants". Measures were:

- **Optimized organizational structure** through implementation of a sewage sludge utilization concept in conjunction with external wastewater treatment plant operators,
- **Optimization of the wastewater treatment**
  - Construction of a primary settling tank for the separation of the primary sludge with a volume of 110 m<sup>3</sup>,
- **Optimization of a sewage sludge treatment and sewage gas production**
  - Construction of a digestion plant with a useful volume of 600 m<sup>3</sup> with
  - Construction of a mechanical thickening of excess sludge from appr. 1 – 2 % DM up to appr. 6 % DM from other wastewater treatment plants
  - Digestion of the primary sludge and the excess sludge of the sewage treatment Schlitz
  - Co-treatment of excess sludges from external sewage treatment plants, for this purpose construction of an acceptance and storage tank for external sewage sludge, V = 600 m<sup>3</sup> was built
  - Acceptance of co-substrates from Schlitzer Korn- und Edelobstbrennerei GmbH and other companies
  - Increase the amount of sewage gas

- **Construction of a sewage gas utilization plant as a combined block heat and power plant**
  - to provide self-generated electrical and thermal energy, max. 50 kW<sub>el</sub>, 71 kW<sub>th</sub>
  - to reduce external power consumption
  - and thus, to improve the energy situation
- **Optimization of the heat supply of the wastewater treatment plant / waste heat utilization**
  - realization of an extensive self-heat supply of the sewage treatment plant with heating of the digester, the premises and an additional supply of the sludge drying plant
  - installation of a district heating network for the heat supply of the digester, the premises and the existing sludge drying plant

The services were mainly provided from the beginning of 2014 until the end of 2015:

- |                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| • Planning                       | January - September 2014   |
| • Construction                   | January - November 2014    |
| • Machinery Equipment            | November 2014 - April 2015 |
| • Electrotechnical equipment     | October 2014 - August 2015 |
| • Commissioning, trial operation | July - December 2015       |
| • Measurement program            | January - December 2016    |

As part of the measurement program, an average of 7,155 PE<sub>120</sub> as companion dimension was determined, which roughly corresponds to the approx. 7,003 inhabitants actually living in the catchment area (as of 2016).

Due to leaks in the digester head, the digester had to be taken out of service and reconstructed in the summer of 2016. Therefore, a stable operation of the digestion and gas utilization (including the acceptance of foreign sludge and co-substrates) could only be achieved at the end of the study period in 2016. This also affected the measurement program.

The measuring program carried out in 2016 to check the inflow and outflow concentrations and loads resulted in a largely stable operation of wastewater treatment. However, due to the increased return load from the sludge dewatering, various monitoring values were exceeded, in particular the parameters NH<sub>4</sub>-N and N<sub>tot</sub>. At the beginning of 2017, therefore, the aeration tank was cleared of considerable sand and mud deposits, which now provides a significantly larger tank volume. Furthermore, the ventilator plates, which were partially hardened and porous, were replaced. According to Stadtwerke Schlitz, the discharge values have significantly decreased after these two measures.

Compared to the years 2014 and 2015 - before the wastewater treatment plant was rebuilt - the total electricity consumption of the Schlitz-Hutzdorf sewage treatment plant increased by approx. 100,000 kWh/a or approx. 28.5%. This is due to the additional process stages of primary sludge treatment, sludge and co-substrates, sludge thickening and digestion with additional electric



## 6 Literatur

- |           |      |   |
|-----------|------|---|
| DWA       | 2013 | DWA-Merkblatt M 229, Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausschreibung und Ausführung, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2013   |
| DWA       | 2015 | DWA-Arbeitsblatt A 216, Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2015   |
| DWA       | 2016 | DWA-Arbeitsblatt A 131, Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2016   |
| Gujer, W. | 1999 | Siedlungswasserwirtschaft, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1. Auflage, ISBN 3-540-65769-X, CD-ROM   |
| HMUELV    | 2009 | „Arbeitshilfe Co-Vergärung organischer Materialien in Faulbehältern von kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen des Hess. Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV), Wiesbaden, 2009  |
| IINAS     | 2016 | IINAS GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, Heidelberg<br>GEMIS - Globales Emissions-Modell integrierter Systeme,<br><a href="http://iinas.org/gemis-de.html">http://iinas.org/gemis-de.html</a>   |
| IWU       | 2017 | Gradtagszahlen, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, <a href="http://t3.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls">http://t3.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls</a><br>aufgerufen am 20.09.2017                       |
| Statista  | 2016 | Statista GmbH, Hamburg <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strom-mix-in-deutschland-seit-1990/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strom-mix-in-deutschland-seit-1990/</a> , aufgerufen am 20.09.2017 |

---

## 7 Anhang

- A1 Nachrechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den maßgeblichen Bemessungsdaten für  $T = 10,5 \text{ °C}$
- A2 Nachrechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den maßgeblichen Bemessungsdaten für  $T = 20 \text{ °C}$
- A3 Berechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den Jahresmittelwerten für  $T = 15 \text{ °C}$
- A4 Verbrauchermatrix mit Ergebnissen der Strom-Verbrauchsmessungen, angenommenen Stromverbräuchen sowie Berechnungen der anlagenbezogenen Idealwerte
- A5 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlamm Entsorgung des Eigenbetriebs der Gemeinde Niederaula durch die Stadt Schlitz
- A6 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlamm Entsorgung des Eigenbetriebs der Marktgemeinde Burghaun durch die Stadt Schlitz – Klärschlämme der Kläranlage Burghaun
- A7 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlamm Entsorgung des Eigenbetriebs der Marktgemeinde Burghaun durch die Stadt Schlitz – Klärschlämme der Kläranlage Langenschwarz
- A8 Dienstleistungsvertrag zur Verwertung der Korn- und Obstschlempen aus der Schlitzer Destillerie durch die Stadt Schlitz

---

Anhang 1: Nachrechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den maßgeblichen Bemessungsdaten für  $T = 10,5 \text{ °C}$

---

Anhang 2: Nachrechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den maßgeblichen Bemessungsdaten für  $T = 20\text{ °C}$

---

Anhang 3: Berechnung der biologischen Stufe der Kläranlage Schlitz-Hutzdorf mit den Jahresmittelwerten für  $T = 15\text{ °C}$

Anhang 4: Verbrauchermatrix mit Ergebnissen der Strom-Verbrauchsmessungen, angenommenen Stromverbräuchen sowie Berechnungen der anlagenbezogenen Idealwerte

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Anz.	Anschluß- leistung je Aggregat  kW	Betriebsstunden		Energieverbrauch elektrisch								
					aus Laufzeiten- protokoll geschätzt h/d	366 d/a h/a	Strommessung		Annahme kWh/a	errechnet aus Messung und Annahme kWh/a	Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung	
					kWh/h	kWh/a	kWh/a	kWh/a				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%
Zulaufpumpw. Sandlofs	Zulaufpumpwerk Sandlofs							7.444,0		7.444,0	7.444,0	4.800,0	Q unklar, H geschätzt	2.644,0	35,5%
	ZU P 1	Pumpe Sandlofs 1	1	5,90	2,66	972,0									
	ZU P 2	Pumpe Sandlofs 2	1	5,90	2,58	943,0									
Zulaufpumpwerk gesamt	Zulaufpumpwerk Gesamt									40.351,9					
	ZU SM 1	Zulaufschnecke 1 TW	1	11,00	17,42	6.375,0	4,38	27.913,0			39.327,1	32.798,8	Q aus BTB, H aus hydr.LS	6.528,3	16,6%
	ZU SM 2	Zulaufschnecke 2 TW	1	11,00	7,27	2.662,0	4,03	10.720,8							
	ZU SM 3	Zulaufschnecke 3 RW	1	20,70	0,17	64,0	5,36	342,8							
	ZU SM 4	Zulaufschnecke 4 RW	1	22,00	0,00	0,0	5,36	0,0							
	ZU FP 1	Fettpresse 1	1	0,05	17,42	6.375,0			286,9						
	ZU FP 2	Fettpresse 2	1	0,05	3,69	1.350,0			60,8						
	ZU FP 3	Fettpresse 3	1	0,05	0,17	64,0			2,9						
	ZU FP 4	Fettpresse 4	1	0,05	0,00	0,0			0,0						
	ZU PN	Probenehmer Zulauf	1	0,35	8,00	2.928,0			1.024,8		1.024,8	1.024,8	k.A. in A 216		
	ZU MT	Messtechnik, Zulauf	7	0,100	24,00	8.784,0			6.148,8		6.148,8	6.148,8	k.A. in A 216		
Rechengebäude Rechen Regenwetter	RA 1	Siebrechen RW	1	1,50	0,005	2,0			2,4		3.264,3	2,4	k.A. in A 216		
	RA M 1	Rechengutpresse, RW	1	1,50	0,07	26,0			31,2			31,2	k.A. in A 216		
Rechen Trockenwetter	Rechenanlage gesamt (ohne Rechen RW) (Sammelmessung)							1.552,6			1.552,6	803,6	0,1 kWh/E*a	749,0	48,2%
	RA 2	Siebrechen TW	1	1,50	2,36	862,0									
	RA M 2	Förderer, Rechengut	1	0,75	4,45	1.629,0									
	RA M 3	Rechengutwäscher	1	1,50	2,22	812,0									
	RA SB 1	Schieber RGW	1	0,75	0,00	0,0									
	RA P 1	Pumpe RGW, Kopf	1	2,20	0,00	0,0									
	RA P 2	Pumpe RGW, unten	1	2,20	0,65	239,0									
	Ra MT	Messtechnik, Rechenanlage	4	0,035	24,00	8.784,0			1.229,8		1.229,8	1.229,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	RA V	Ventilator, Rechengebäude	1	0,18	0,00	0,0			0,0		0,0	0,0	k.A. in A 216		
	RA T	Rolltor, Rechengebäude	1	0,50	0,05	18,3			9,2		9,2	9,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
RA GW	Gaswarnanlage	1	0,05	24,00	8.784,0			439,2		439,2	439,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%	

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Anz.	Anschluß- leistung je Aggregat  kW	Betriebsstunden		Energieverbrauch elektrisch								
					aus Laufzeiten- protokoll geschätzt h/d	366 d/a h/a	Strommessung		Annahme kWh/a	errechnet aus Messung und Annahme kWh/a	Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung	
					kWh/h	kWh/a	kWh/a	kWh/a				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%
<b>RÜB</b>	<b>RÜ M</b>	Motor, Räumbrücke	1	0,37	0,705	258,0			81,1	81,1	81,1	129,0	0,5 kW, A 216 A.1	-47,9	-59,0%
<b>Hochwasserpumpw.</b>	<b>ZP PX 1+2</b>	Pumpe, Hochwasser	2	8,80	0,001	0,2			3,4		91,5	91,5	0,5 kW, A 216 A.1	0,0	0,0%
	<b>ZP-SB-1+-2</b>	Schieber,	2	0,75	0,001	0,2			0,3						
	<b>ZP-PX-1</b>	Zwischenpumpwerk Füllstand, Zwischenpumpwerk	1	0,01	24,00	8.784,0			87,8						
<b>Sandfang</b>	<b>SA M</b>	Motor, Antrieb Räumbrücke	1	0,25	1,79	655,0	1,26	828,1		828,1	828,1	828,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	<b>SA P</b>	inkl. Räumerpumpe (Mammutpumpe)	1	0,80	0,37	135,1									
	<b>SA GB 1+2</b>	Gebälse, Sandfang	2	1,10	23,90	8.746,0	0,75	6.532,1		6.532,1	6.532,1	8.936,6	q <sub>L,SF</sub> = 0,5 m³/m³·h	-2.404,5	-36,8%
<b>Sandwaschgebäude</b>	<b>SA P 1</b>	Zuführpumpe, Sandwaschanlage	1	1,10	2,997	1.097,0		5.991,4		8.443,2	8.443,2	8.443,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	<b>SA M1</b>	Rührwerk, Sandwasch	1	0,55	2,995	1.096,0		1.288,3							
	<b>SA P 2</b>	Pumpe, Sandwasch	1	2,20	1,33	488,0									
	<b>SA M 2</b>	Schnecke, Sandwasch	1	0,75	0,06	23,0									
	<b>SA V</b>	Ventilator	1	0,06	2,00	732,0			37,3						
	<b>SA T</b>	Rolltor	1	0,50	0,05	18,3			7,8						
	<b>BW P 1-3</b>	Pumpe, Brauchwasser	3	5,50	0,00	0,0			0,0						
	<b>BW P 4</b>	Pumpe, BW-Brunnen	1	2,00	1,91	699,0			1.118,4						
<b>Vorklärung</b>	<b>VK RM 1</b>	Motor, Antrieb Räumbrücke	1	0,75	3,47	1.271,3	0,21	267,5		2.175,6	345,2	635,6	0,5 kW, A 216 A.1	-290,4	-84,1%
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Räumschild, PS-Schlamm	1	0,25	0,00	0,0			0,0						
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Räumschild, Schwimmschlamm	1	0,25	0,00	0,0			0,0						
	<b>VK RM 1</b>	Motor, Kabelaufwicklung	1	0,50	0,50	183,0			77,8						
	<b>VK ZK 1</b>	Mazerator, PS-Schlamm	1	2,20	2,26	828,7									
	<b>VK PX 1</b>	Pumpe, PS-Schlamm 1	1	2,20	1,09	398,5	1,65	659,0			1.318,0	379,8	Q <sub>PS</sub> aus BTB, H aus Hydraulik	938,2	71,2%
	<b>VK PX 2</b>	Pumpe, PS-Schlamm 2	1	2,20	1,09	398,5	1,65	659,0							
	<b>VK EP</b>	Pumpe, Entwässerung	1	0,50	0,50	183,0			73,2		73,2	73,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	<b>VK L 1+2 +EP</b>	Füllstand	3	0,01	24,00	8.784,0			263,5		263,5	263,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%
<b>VK F 1+2</b>	Durchfluss	2	0,01	24,00	8.784,0			175,7		175,7	175,7	k.A. in A 216	0,0	0,0%	

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Anz.	Anschluß- leistung je Aggregat  kW	Betriebsstunden		Energieverbrauch elektrisch									
					aus Laufzeiten- protokoll geschätzt h/d	366 d/a h/a	Strommessung		Annahme kWh/a	errechnet aus Messung und Annahme kWh/a	Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung		
					kWh/h	kWh/a	kWh/a	kWh/a				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%	
<b>Belebungsbecken Gebläsestation</b>		Gebläsestation gesamt (Sammelmessung)									<b>131.627,0</b>	<b>131.627,0</b>	128.983,4	SOTR 128 kg/h (BelebungsExpert)	2.643,6	2,0%
	BB GB 1	Belüftungsgebläse 1	1	15,00	9,33	3.415,9	17,60	64.696,0								
	BB GB 2	Belüftungsgebläse 2	1	15,00	10,75	3.935,9										
	BB GB 3	Belüftungsgebläse 3	1	15,00	8,14	2.978,9	11,58	34.502,2								
	BB GB 4	Belüftungsgebläse 4	1	15,00	7,95	2.910,6	11,14	32.426,8								
	BB SB 1	Kulissenschieber	1	0,05	0,05	18,3				0,6						
	BB SB 2	Schieber, Belüftungsgebläse	1	0,12	0,05	18,3				1,4						
<b>Belebungsbecken</b>	BB RW	Rührwerk BB	1	2,30	23,84	8.725,0	1,94	16.900,9			<b>19.485,4</b>	<b>16.900,9</b>	23.666,6	1,75 W/m³	-6.765,6	-40,0%
	BB P 1	Pumpe, Sprühwasser	1	4,20	0,50	183,0				668,7		668,7	668,7	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB P 2	Pumpe, Messtechnik	1	0,50	0,56	206,0				82,4		82,4	82,4	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB P 3+4	Pumpe, Fällmittel	2	0,25	2,00	732,0				281,8		281,8	281,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	BB MT	Messtechnik	5	0,035	24,00	8.784,0	0,177	1.551,6		281,8		1.551,6	1.551,6	k.A. in A 216	0,0	0,0%
<b>Nachklärbecken</b>	NK RB	Motor, NKB-Räumer	1	0,75	24,00	8.784,0	0,13	1.155,3			<b>4.069,2</b>	<b>1.174,1</b>	4.392,0	0,5 kW, A 216 A.1	-3.217,9	-274,1%
	NK P 1	Pumpe, Schwimmschl.	1	1,10	0,05	18,3				14,1						
	NK M	Rinnenreinigung	1	0,37	0,05	18,3				4,7						
	NK MT	Messtechnik, Ablauf	4	0,035	24,00	8.784,0				1.229,8		1.229,8	1.229,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	NK P 2	Pumpe, Messtechnik	1	0,50	12,00	4.392,0				1.537,2		1.537,2	1.537,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	NK PN	Probenehmer Ablauf	1	0,35	1,00	366,0				128,1		128,1	128,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	PK PR 1	Pumpe, RS 1	1	4,00	13,89	5.084,0	0,44	2.250,9			<b>3.878,0</b>	<b>3.878,0</b>	1.852,1	Q <sub>RS</sub> = 1.929 m³/d, H aus Hydraulik	2.025,9	52,2%
	PK PR 2	Pumpe, RS 2	1	4,00	10,04	3.675,0	0,44	1.627,1								
	PK PÜ	Pumpe, Überschußschlamm	1	5,50	1,87	685,2	1,38	945,6			<b>945,6</b>	<b>945,6</b>	356,4	Q <sub>US</sub> = 44,9 m³/d aus BTB, H aus Hydraulik	589,2	62,3%
<b>Überschussschlamm- und Fremdschlammbehandlung</b>																
<b>Schlammbehälter</b>	SB RW	Rührwerk, Schlammbehälter	1	5,50	13,59	4.973,7	1,93	9.588,7			<b>10.320,7</b>	<b>10.320,7</b>	7.460,5	3 W/m³ (analog FB)	2.860,1	27,7%
	SB BH	Begleitheizung, Schlammleitung	1	2,00	1,00	366,0				732,0						
<b>USS-Eindickung</b>											<b>12.347,5</b>					
	ÜE ZK 1	Mazerator, Dünnschlamm	1	2,20	14,67	5.367,6										
	ÜE P 1	Pumpe, Dünnschlamm	1	4,00	14,67	5.367,7	0,25	1.341,9				<b>1.341,9</b>	231,4	Q <sub>US</sub> aus BTB, inkl. ext. Schlämme	1.110,6	82,8%
	ÜE A 1	Eindickung, Huber	1	1,50	14,77	5.404,7	0,62	3.326,9				<b>3.326,9</b>	4.398,6	Q <sub>US</sub> aus BTB, e <sub>spez.</sub> 0,2 kWh/m³	-1.071,7	-32,2%
	ÜE P 2	Pumpe, Dickschlamm	1	1,50	7,66	2.802,8	0,50	1.401,4				<b>1.401,4</b>	288,1	Q <sub>US</sub> = 15 m³/d aus BTB, H Hydraulik	1.113,3	79,4%
	ÜE P 3	Pumpe, Flockmittelkonz.	1	0,25	1,09	400,3										
	ÜE P 4	Pumpe, Gebrauchslösung	1	0,75	14,67	5.370,3										
	ÜE RW 1	RW Flockungsreaktor	1	0,18	14,77	5.404,4										
	ÜE RW 2	Rührwerk, Reifebehälter	1	1,10	4,30	1.572,7										
	ÜE MT	Messtechnik	14	0,050	24,00	8.784,0				6.148,8		6.148,8	6.148,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%
	ÜE V 1	Ventilator, Gebäude Schlammwässerung	1	0,18	1,95	713,9				128,5		128,5	128,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Anz.	Anschluß- leistung je Aggregat  kW	Betriebsstunden		Energieverbrauch elektrisch									
					aus Laufzeiten: protokoll geschätzt		Strommessung		Annahme	errechnet aus Messung und Annahme	Werte für Energie- analyse	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung		
					h/d	h/a	kWh/h	kWh/a				kWh/a	kWh/a	kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a
Faulbehälter	FB ZK 1	Mazerator, Fettannahme	1	3,00	1,00	366,0			889,4	43.850,2	889,4	889,4	k.A. in A 216	0,0	0,0%	
	FB P 1	Pumpe, Fettannahme	1	4,00	1,00	366,0			1.200,5		1.200,5	1.200,5	k.A. in A 216	0,0	0,0%	
	FB PX 1	Pumpe, Heizschlamm 1	1	5,50	12,03	4.402,1	2,99	13.141,6		26.148,1	1.663,3	Q und H aus Hydraulik	24.484,8	93,6%		
	FB PX 2	Pumpe, Heizschlamm 2	1	5,50	11,90	4.356,8	2,99	13.006,4			65,9	65,9	k.A. in A 216	0,0	0,0%	
	AB V 1	Ventilator, Treppenhaus	1	0,18	1,00	366,0			65,9							
	FB RW 1	Rührwerk, Faulbehälter	1	2,20	23,88	8.738,3	1,23	10.788,4		10.788,4	23.593,3	4,5 W/m³	-12.804,9	-118,7%		
	FB MT	Messtechnik	10	0,050	24,00	8.784,0			4.392,0	4.392,0	4.392,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%		
	FB BHEIZ	Begleitheizung, Wasser Entschäumer	1	1,00	1,00	366,0			366,0	366,0	366,0	k.A. in A 216	0,0	0,0%		
Gasaufbereitung	GA / GE MT	Messtechnik	7	0,035	24,00	8.784,0			2.152,1	2.161,2	2.161,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%		
	GE EP	Pumpe, Entwässerung	1	0,50	0,05	18,3			9,2							
	GA GF 1	Gasfackel	1	0,10	0,099	36,1										
Wärmeerzeugung/ -verteilung	AL BK	BHKW	1	0,70	20,00	7.320,0		2.359,0		20.182,8	20.182,8	20.182,8	k.A. in A 216	0,0	0,0%	
	AL PN	Pumpe, Notkühlung BHKW	1	0,35	0,50	183,0			48,7							
	AL PU 1	Pumpe, Umwälzung BHKW	1	1,74	20,00	7.320,0			10.189,4							
		Ventilatoren, Notkühlung	2	0,68	0,50	183,0			199,1							
	AL HZ 1	Heizkessel/Brenner	1	0,35	1,00	366,0			128,1							
	AL PU 1	Pumpe, Umwälzung Heizkessel	1	1,74	10,00	3.660,0			5.094,7							
	AL PH 1	Pumpen, Heizkreis 1 Schlamm-trocknung	1	0,19	3,00	1.098,0			166,9							
	AL PH 2	Pumpen, Heizkreis 2 Faulbehälter	1	0,19	20,00	7.320,0			1.112,6							
	AL PH 3	Pumpen, Heizkreis 3 Gasvorwärmung	1	0,19	8,00	2.928,0			445,1							
	AL MT	Messtechnik, pauschal	1	0,05	24,00	8.784,0			439,2							
	Nacheindicker	ND RW	Rührwerk, Nacheindicker	1	11,00	1,00	366,0	4,84	1.770,6		1.770,6	1.770,6	988,2	4,5 W/m³	782,4	44,2%

Gebäude Baugruppe	Aggregat / Stromverbraucher Bezeichnung		Anz.	Anschluß- leistung je Aggregat  kW	Betriebsstunden		Energieverbrauch elektrisch								
					aus Laufzeiten- protokoll geschätzt h/d	366 d/a h/a	Strommessung		Annahme kWh/a	errechnet aus Messung und Annahme kWh/a	Werte für Energie- analyse kWh/a	Anlagenbezogener Idealwert		Abweichung	
					kWh/h	kWh/a	kWh/a	kWh/a				kWh/a	Kommentar, Berechnungs- grundlage	kWh/a	%
Schlamm- entwässerung	PK PB 1	Pumpe, Dekanter 1	1	4,00	4,99	1.826,1	in Messung Dekanter enthalten	36.518,0	36.078,8	23.526,0	e <sub>spez.</sub> = 2,0	12.552,8	34,8%		
	PK PB 2	Pumpe, Beschickung 2 Schlammwässerung	1	4,00	4,99	1.826,1									
	SE M 1	Motor, Dekanter	1	37,00	4,99	1.826,1								19,76	36.078,8
	SE M 2	Motor, Dekant. Schnecke	1	11,00	4,00	1.464,0									
	SE M 3	Förderschnecke 1	1	3,00	4,00	1.464,0									
	SE M 4	Förderschnecke 2	1	3,00	4,00	1.464,0									
	SE M 5	Förderschnecke 3	1	3,00	4,00	1.464,0									
	SE PW 1	Rührwerk, Reifekammer	1	0,98	12,00	4.392,0									
	SE PW 2	RW Flockungsreaktor	2	0,80	3,00	1.098,0									
	SE P 1	Pumpe, Polymerdosier.	2	1,10	2,00	732,0									
	SE M 3	Schneckendosierer	1	0,30	1,00	366,0									
SE MT	Messtechnik, pauschal	1	0,05	24,00	8.784,0		439,2	439,2	439,2	k.A. in A 216	0,0	0,0%			
Fördertechnik		Sammelmessung					2,07	3.967,1	3.967,1	3.967,1	k.A. in A 216	0,0	0,0%		
	KT FB 1	Förderband 1	1	1,50	5,24	1.918,0									
	KT FB 2	Förderband 2	1	2,20	9,54	3.490,9									
	KT FB 3	Förderband 3	1	2,20	9,54	3.490,9									
	KT FB 4	Förderband 4	1	2,20	9,54	3.492,0									
Klärschlamm- trocknung					keine Aufzeichnung			76.328,6	76.328,6	76.328,6	76.328,6	k.A. in A 216	0,0	0,0%	
	KT M 1	Schwenkantrieb	1	0,20	0,50	183,0									
	KT RH	Heizung, Rinne		3,50	1,00	366,0									
	KT SH	Heizung, Schaltschrank		1,20	1,00	366,0									
	KT GK 1	Giebelklappe Halle 1	1	0,20	0,50	183,0									
	KT VD 1	Ventilator, Decke Halle 1	6	0,12	20,00	7.320,0									
	KT VW 1	Ventilator, Wand Halle 1	5	0,94	20,00	7.320,0									
	KT WG 1	Wendegerät Halle 1	1	3,20	20,00	7.320,0									
	KT VH	Ventilator, Heizregister	1	0,30	20,00	7.320,0									
	KT P	Pumpe, Heizkreislauf	1	0,19	12,00	4.392,0									
	KT MT 1	Messtechnik	1	0,035	20,00	7.320,0									
	KT GK 2	Giebelklappe Halle 2	1	0,20	0,50	183,0									
	KT VD 2	Ventilator, Decke Halle 2	4	0,12	20,00	7.320,0									
	KT VW 2	Ventilator, Wand Halle 2	2	0,94	20,00	7.320,0									
	KT WG 2	Wendegerät Halle 2	1	3,20	20,00	7.320,0									
	KT MT 2	Messtechnik	1	0,035	20,00	7.320,0									



---

Anhang 5 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlamm Entsorgung des Eigenbetriebs  
der Gemeinde Niederaula durch die Stadt Schlitz

---

Anhang 6 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlamm Entsorgung des Eigenbetriebs der Marktgemeinde Burghaun durch die Stadt Schlitz – Klärschlämme der Kläranlage Burghaun

---

Anhang 7 Öffentlich-Rechtliche Vereinbarung zur Klärschlammentsorgung des Eigenbetriebs der Marktgemeinde Burghaun durch die Stadt Schlitz – Klärschlämme der Kläranlage Langenschwarz

---

Anhang 8 Dienstleistungsvertrag zur Verwertung der Korn- und Obstschlempen aus der Schlitzer Destillerie durch die Stadt Schlitz