

BMUB-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben

„Energieautarke Kläranlage mit Deammonifikation“

KfW-Az MBc3 - 001918

Zuwendungsempfänger/-in

Trinkwasser- und Abwasserzweckverband (TAZV) Oderaue

Umweltbereich

Kommunale Abwasserentsorgung

Laufzeit des Vorhabens

27.09.2011 bis 31.12.2016

Autor/-en

Jürgen Köpke

Betriebsstättenleiter Abwasser, TAZV

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

Datum der Erstellung

20.11.2017

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 20441/2 (11/14)	Projekt-Nr.: 1918
Titel des Vorhabens: Energieautarke Kläranlage mit Deammonifikation	
Autor (Name, Vorname): Köpke, Jürgen (TAZV)	Vorhabenbeginn: 27.09.2011
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.12.2016
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue Am Kanal 5 15890 Eisenhüttenstadt	Veröffentlichungsdatum:
	Seitenzahl: 24
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung: Am Beispiel des Klärwerks Eisenhüttenstadt soll im Rahmen eines Demonstrationsvorhabens erstmalig im großtechnischen Maßstab gezeigt werden, wie eine konventionelle Kläranlage mit einer hohen Ammoniumfracht im Zulauf zu einer energieautarken Kläranlage mit optimaler Energiebilanz (Adsorptions-Belebungs-Verfahren; A-B-Verfahren mit Deammonifikation) umgerüstet werden kann. Das anzuwendende Verfahren (EssDE®) kombiniert das bekannte A-B-Abwasserreinigungsverfahren mit dem patentrechtlich geschützten Deammonifikationsverfahren der Cyklar-Stulz (DEMON+®). Dieses dient hierbei nicht nur zur Behandlung des Zentrats aus der Faulschlammwässerung (Nebenstrombehandlung), sondern auch zur Stickstoffentfernung in der Belebungsstufe der Abwasserreinigung (Hauptstrombehandlung).	
Schlagwörter: Kläranlage, Energieeffizienz, energieautark, Deammonifikation, Nebenstrom, Hauptstrombehandlung, Adsorptions- Belebungs- Abwasserreinigungsverfahren	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite:

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 20441/2 (11/14)	Project-No.: 1918
Report Title:	
Author (Family Name, First Name): Köpke, Jürgen (TAZV)	Start of project: 27.09.2011
	End of project: 31.12.2016
Performing Organisation (Name, Address): Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue Am Kanal 5 15890 Eisenhüttenstadt	Publication Date:
	No. of Pages: 24
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
<p>Summary:</p> <p>Within the demonstration project on the waste water treatment plant of Eisenhüttenstadt it was aimed to prove for the first time in a large technical scale, how a conventional waste water treatment plant with a high ammonium load in the feed can be converted into an energy self-sufficient waste water treatment plant with an optimal energy balance. The process to be applied (EssDE®) is a combination of the well-known A-B-waste water cleaning process and the patent protected DEMON+® - Deammonification technology of the company Cyklar-Stulz. In Eisenhüttenstadt the DEMON+® - process is not only used for the treatment of the centrate of the digested sludge dewatering facility (side stream process), but is also applied for the nitrogen removal from the activated sludge plant (main stream).</p>	
<p>Keywords:</p> <ul style="list-style-type: none"> Deammonification in the side- and main stream treatment A-B-Waste water treatment process Energy self-sufficient waste water treatment plant 	

Summary

Introduction

The drinking water supply and sewage disposal utilities Oderaue in Eisenhüttenstadt has been founded in 1993. It developed from the voluntary association of the city of Eisenhüttenstadt with 11 surrounding municipalities. Its main task is to warranty the central drinking water supply according to the high requirements of the drinking water ordinance. This is related to important responsibilities like treatment of the wastewater and its safe discharge into the river Oder. An important basis for this is the fundamental position of the utilities on environment for the protection of the natural habitat of the river Oder for the future as well as for the improvement of ecological farming.

Due to the demographic change in the regional public responsibilities for supply and disposal services of the utilities of Oderaue, a forward looking fee regulation has to be developed. In this context one key question is, how the Federal Republic of Germany is going to develop the energy pricing.

Consequently the utilities Oderaue are aiming at minimizing the risk of this development by the introduction of innovative technologies for supply and disposal. Especially in the wastewater treatment approximately 60% of the energy demand is consumed by the aeration of the activated sludge system. This exactly is the starting point for the utilities Oderaue: The demand of electric energy is significantly to reduce. This ambitious goal is in line with the implemented Energy Management System (EnMS) at the utilities according to ISO 50001.

Project implementation

For the realization of the total project a time frame of 28 months had been planned, divided into 5 subprojects. It was beneficial – until the insolvency filing – that a general contractor was bound to the success of the total project.

Until the 19.02.2014 the technological conversion took place as scheduled. With the insolvency filing all involved Partners of the company STULZ-PLANAQUA became unable to act, so that the project could not be continued. The technological conversion had already been finalized at this time, but the test run and optimization as well as the self-inspection were still outstanding. Therefor the utilities Oderaue carried on with the project themselves, thereby integrating the staff of STULZ-PLANAQUA, who had been involved into the project already before the insolvency.

During the test run weaknesses have been found, which have been eliminated during full operation of the wastewater treatment plant (e.g. at the excess sludge dewatering plant or at the CHP-units with the low efficiency ratio). Also the new compressors for the aeration of the A-B-stage turned out to be problematic and an additional one had to be installed. Furthermore there have been problems in the DEMON-reactor (side stream), which has been modified during the project time. For this the reactor had to be emptied and newly started with fresh biomass. The procurement of biomass (Planctomyceten) from other wastewater treatment plants turned out to be very difficult.

The installation of the EssDE[®]-technology (A-B-Stage) into the existing tanks could be realized without any problems.

The key function for the realization of the project goal has been the switch from the A-B-Stage to deammonification and the implementation of the deammonification not only in the side stream, but also in the B-Stage. In the year 2015 it was the first time, that the appropriate biomass was filled into the B-

stage, but without success. In the last quarter of 2016 the filling was repeated, this time with a bigger amount of sludge. Up to now there is no evidence for longterm positive results, so that no measuring program has been installed yet. The project is continued by the utilities Oderaue.

In the year 2017 one of the compressors for the aeration of the A-B-stage has been replaced and also one CHP-unit – the new one has a higher efficiency ratio. With these measurements the energy efficiency could be improved.

Results

The funding project has been based on the operating data from the year 2010. The goal was to minimize the energy demand of the wastewater treatment plant and to increase the gas production.

According to the data from the year 2010 the specific electricity demand has been 55,7 kWh/PE*a. The goal of the technological reconstruction was to reduce this high electricity demand significantly: down to a value of max. 18 kWh/PE*a. In the year 2016 a specific electricity demand of 37,5 kWh/PE*a could be reached; this did still not meet the requirements. One reason for this was the low efficiency ratio of the new compressor plant for the A-B-stage. In the year (basis) the electricity demand of the aeration has been approx. 700.800 kWh/a; after the installation of the new blower plant in 2015 the electricity demand was 999.847 kWh, significantly higher. In the year 2016 the electricity demand could be reduced to 805.181 kWh/a, but only by adding an “old” blower. Consequently this subject still has potential for future energy reduction.

An increase of the gas production could not be reached in the project up to now. The value of the specific gas production ratio has been 29,8 l/PE*d for the year 2010 and only 20,6 l/PE*d for the year 2016. The reasons for this reduction could not be emerged up to now and have to be examined in detail.

In the year 2016 the CO₂-Emissions could be reduced by 8,66 kg CO₂/PE*a or 486 t CO₂/a, according to the reduction of the electricity demand.

Due to the investment savings of approx. 110.000 € could be reached in the base year 2010, realizing an investment payback period of 21 years, without taking into consideration the grant funds. Including the grant funds the investment payback period will be 14 years.

Conclusion

The implementation of the EssDE[®]-technology (A-B-stage) and the deammonification in the sidestream leads to energy savings in the wastewater treatment. On the other hand it requires higher efforts of controlling (online, laboratory, balances) and an improved automation.

One problem can be the procurement of the necessary biomass for the DEMON-process. For the start-up of such plants it is recommended to add the required total amount of biomass (kg oDM/kg NH₄-N) and not to calculate with an increase inside the plant.

The effect of the deammonification in the main stream of wastewater treatment plants have not yet been able to be demonstrated.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	8
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	8
1.2. Ausgangssituation	8
2. Vorhabenumsetzung	10
2.1. Ziel des Vorhabens.....	10
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	11
2.3. Umsetzung des Vorhabens	13
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	14
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	14
2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	15
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	15
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung	15
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	17
3.3. Umweltbilanz	21
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	22
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	23
4. Übertragbarkeit	24
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung	24
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit	24
5. Zusammenfassung	24
6. Literaturverzeichnis	26

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Verfahrensskizze der Ausgangssituation (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)</i>	9
<i>Abbildung 2: Stickstoffelimination über Nitrifikation und Denitrifikation (Quelle: cyklar-stulz GmbH, 2011)</i>	12
<i>Abbildung 3: Stickstoffelimination durch Deammonifikation (Quelle: cyklar-stulz GmbH, 2011)</i>	12
<i>Abbildung 4: Verfahrensskizze, Zustand nach dem Umbau (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)</i>	13
<i>Abbildung 5: Zu- und Ablaufkonzentrationen [mg/l] im DEMON-Reaktor vom 17.08.2013 - 22.08.2017</i>	16
<i>Abbildung 6: Abbaugrad DEMON-Reaktor vom 17.08.2013 - 22.08.2017 in Prozent</i>	16
<i>Abbildung 7: Populationsquantifizierung der Ammonium- und Nitritoxidierer vom 16.04.2014 - 19.07.2017</i>	17
<i>Abbildung 8: Jahresabwassermengen 2010 bis 2016</i>	18
<i>Abbildung 9: CSB-Konzentrationen 2010 bis 2016</i>	18
<i>Abbildung 10: CSB-Frachten 2010 bis 2016</i>	18
<i>Abbildung 11: Einwohnerwerte 2010 bis 2016</i>	18
<i>Abbildung 12: Ammonium-Konzentrationen 2010 bis 2016</i>	19
<i>Abbildung 13: Ammonium-Frachten 2010 bis 2016</i>	19
<i>Abbildung 14: Ammonium-Frachten pro Einwohner und Tag von 2010 bis 2016</i>	19
<i>Abbildung 15: Gesamtstromverbrauch pro Jahr von 2010 bis 2016</i>	20
<i>Abbildung 16: Gesamtstromverbrauch pro Einwohner und Jahr von 2010 bis 2016</i>	20
<i>Abbildung 17: Fremdstrombezug 2010 bis 2016</i>	20
<i>Abbildung 18: Eigenstromerzeugung 2010 bis 2016</i>	21
<i>Abbildung 19: Wirkungsgrad der BHKWs</i>	22

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Vergleich des IST-Zustandes der KA mit den Förderkriterien</i>	10
<i>Tabelle 2: Bauzeitplan 2012 - 2014 einschließlich Teilvorhaben (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)</i>	15
<i>Tabelle 3: Gesamtstromverbrauch, Eigenstromerzeugung und Fremdstrombezug (IST-Vergleich)</i>	22
<i>Tabelle 4: Gesamtstromverbrauch, Eigenstromerzeugung und Fremdstrombezug (Vergleich mit Ausgangsdaten)</i>	23

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens

Der Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue wurde im Jahr 1993 gegründet. Hervorgegangen ist der Verband aus dem freiwilligen Zusammenschluss der Stadt Eisenhüttenstadt mit 11 Umlandgemeinden. Dem Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue obliegt die Gewährleistung der zentralen Trinkwasserversorgung nach Menge und Qualität entsprechend den hohen Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Damit verbunden sind wichtige Arbeitsaufgaben wie die Abwasserableitung und -behandlung sowie die schadlose Einleitung in die Oder. Hierbei stimmt die Grundauffassung des Verbandes zur Ökologie mit der Sicherung des natürlichen Lebensraumes der Oder für die Zukunft überein.

1.2. Ausgangssituation

Das kommunale Klärwerk Eisenhüttenstadt liegt im Landkreis Oder-Spree, Land Brandenburg. Das Klärwerk reinigt das Abwasser der Stadt Eisenhüttenstadt und der umliegenden Gemeinden. Es wurde im Jahr 1997 für 99.000 Einwohnerwerte (EW), davon 59.000 Einwohnerzahl (EZ), ca. 38.000 Einwohnergleichwerte (EGW) aus Industrie (Rest über Fäkalienannahme) und eine Abwasser-Rohlast von knapp 6.000 kg BSB₅/d (biochemischer Sauerstoffbedarf) ausgelegt. Teilbereiche, u.a. die Schlammfäulungsanlage, wurden für eine Belastung von 132.000 EW gebaut. Die tatsächliche Belastung des Klärwerks ist in den letzten Jahren vor Projektbeginn deutlich gefallen, was sowohl auf gravierende Gewerbestilllegungen als auch einen Rückgang der Einwohnerzahlen, vor allem in der Stadt Eisenhüttenstadt, zurückzuführen ist. Aufgrund dieses Rückganges wurde die wasserrechtliche Genehmigung der Kläranlage von 99.000 EW auf 66.000 EW geändert. Als Konsequenz wurden eine Belebungsstraße (33.000 EW) und ein Nachklärbecken außer Betrieb genommen. Die Abbildung 1 zeigt die Verfahrensskizze der Ausgangssituation. Die hellblau markierten Anlagenteile waren durch die veränderten Zulauffrachten außer Betrieb (99.000 EW/ 66.000 EW).

Die jährlich dem Klärwerk zufließende Abwassermenge ist von ursprünglich über 3 Mio. m³ pro Jahr auf ca. 2 Mio. m³ gesunken. Die Berechnung der tatsächlichen Einwohnergleichwerte wurde für den Förderantrag auf Basis der im Betriebsjahr 2010 im Anlagenzulauf ermittelten Abwassermenge und -frachten (Beprobung im Messschacht vor dem Zulauf zur Vorklärung) vorgenommen. Als Bezugsgröße diente der Kläranlage der **CSB**-Wert (chemischer Sauerstoffbedarf). Ermittelt wurde so für 2010 eine Belastung von ca. 35.000 EW. Dieser Wert lag im Jahr 2016 bei ca. 55.000 EW, da Industrieeinleiter hinzukamen.

Derzeit werden jährlich etwa 40.000 m³ Fäkalien aus der Entsorgung abflussloser Sammelgruben von Haushalten und saisonal genutzten Grundstücken auf dem Klärwerk mit behandelt. Diese Fäkalien werden bei der Anlieferung direkt in den Zulauf vor der Rechenanlage gegeben und deren Fracht gemeinsam mit der Abwasserfracht erfasst und nicht gesondert berücksichtigt.

Mit 12,2 g NH₄-N/EW*d ist die Zulauffracht von Ammonium ungewöhnlich hoch. Mögliche Ursachen dafür sind die große Aufenthaltszeit des Abwassers in langen Kanälen des Verbandsgebietes und der damit verbundene beginnende Eiweißabbau sowie Industrieeinleiter.

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage war auch nach der Außerbetriebnahme einer Doppelbeckenstraße sehr hoch. Dies muss zumindest teilweise auf die geringe Auslastung zurückgeführt werden. Beispielweise sind die für die Belüftung der Belebung eingesetzten Verdichter (3 Aggregate mit je ca. 5.000 Nm³/h) für die heutige Belastung überdimensioniert. Besonders in den Nachtstunden wurde bei geringen Zulaufmengen und -frachten häufig eine Sauerstoffsättigung in der Belebung erreicht.

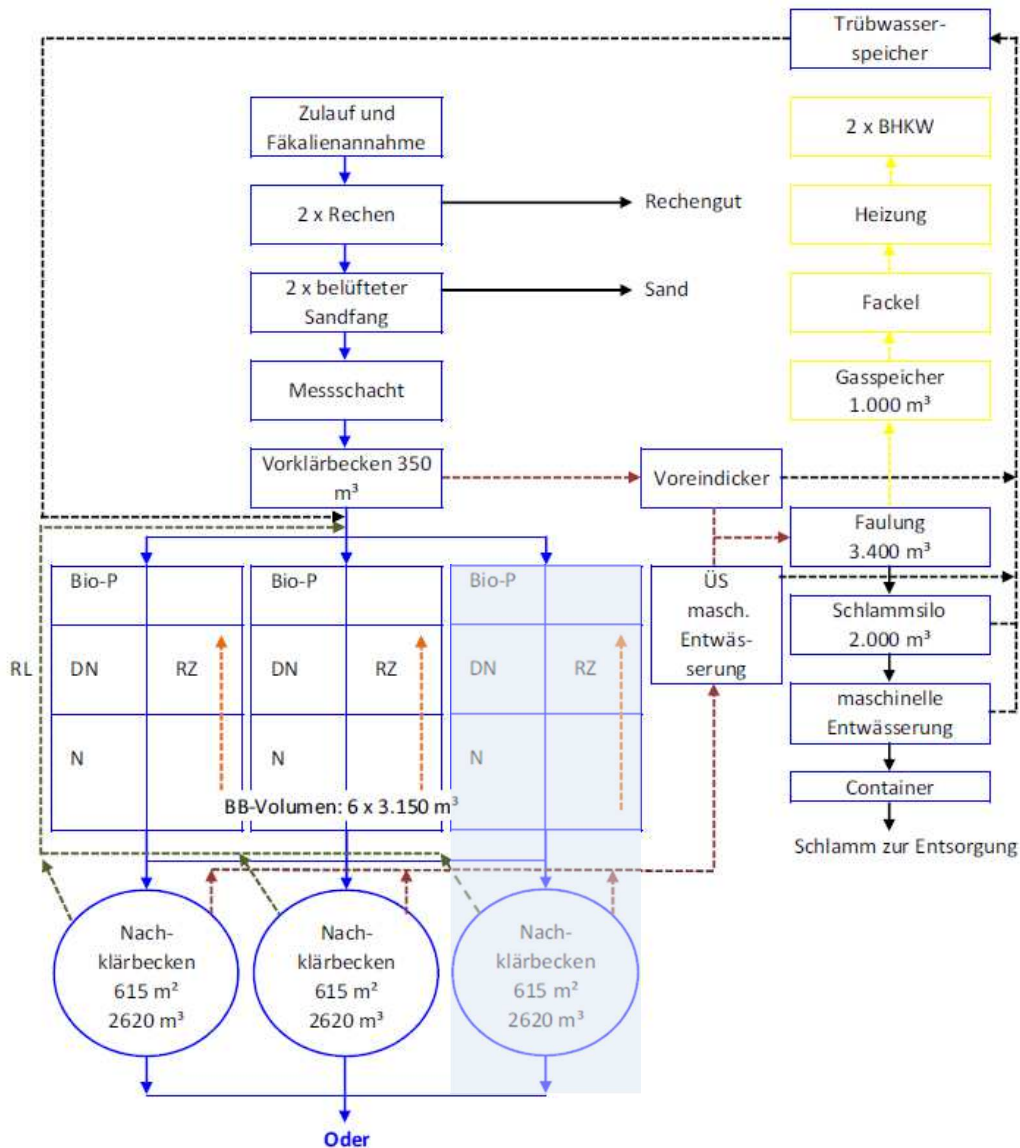


Abbildung 1: Verfahrensskizze der Ausgangssituation (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)

Betriebsdaten der Kläranlage Eisenhüttenstadt im 2010

<u>A .Zulaufdaten:</u>			
Abwassermenge :	2.363.026 m ³ /a	6.474 m ³ /d	
CSB:	657 mg/l	4.253 kg/d ¹	
BSB ₅ :	359 mg/l	2.324 kg/d	
	→ 35.442 EW (bei 120 g CSB/EW*d) ¹		
	→ 183 l/EW*d bzw. 67 m ³ /EW*a		
NH ₄ -N:	66,6 mg/l	431 kg/d	12,2 g/EW*d
Pges.:	10,1 mg/l	65 kg/d	1,8 g/EW*d

B. Stromverbrauch (gesamte Kläranlage):

Gesamtstromverbrauch:	1.972.433 kWh/a ¹ (100 %)	55,7 kWh/EW*a ¹
Stromverbrauch Belüftung:	700.800 kWh/a	19,8 kWh/EW*a ¹
Fremdstrombezug:	1.424.560 kWh/a (72,2%)	
Eigenstromerzeugung:	547.913 kWh/a ¹ (27,8%)	

C. Faulgasproduktion und -verteilung

Faulgas (65 % CH ₄):	385.030 Nm ³ /a (100 %)	29,8 l/EW*d ¹
Faulgasverwertung:	385.030 Nm ³ /a (100 %)	
Verlust:	0 Nm ³ /a (0 %)	
BHKW (Strom):	349.323 Nm ³ /a (90,7 %)	$\eta_{el} = 24,2 \%$ ¹
Gaskessel (Wärme)	35.707 Nm ³ /a (9,3 %)	

¹ Aufgrund von nachträglich festgestellten Fehlern im Prozessleitsystem (PLS) stellen sich diese Betriebsdaten für das Ausgangsjahr 2010 hier anders dar als im Förderantrag.

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Der im Projekt angestrebte Zielzustand ist in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Vergleich des IST-Zustandes der Kläranlage mit den Förderkriterien

Pos.	Parameter	Einheit	Ist-Zustand	Zielwert
1.1	Stromverbrauch Kläranlage gesamt	kWh/EW*a	55,7	18
1.2	Stromverbrauch Belüftung	kWh/EW*a	19,8	10
2.1	Faulgasproduktion	l/EW*d	29,8	30
2.2	Grad der Faulgasnutzung	%	100	100
2.3	el. Wirkungsgrad BHKW	%	24,2	38
2.4	Eigenversorgung Wärme	%	100	100
2.5	Eigenversorgung Strom	%	27,8	100
3.	P-Rückgewinnung	%	0	30 ¹

¹ Nicht Bestandteil des Vorhabens.

Dementsprechend wurden folgende umweltentlastende Wirkungen angestrebt:

- **Steigerung der Gesamtgasmenge und damit der Gesamtstrom- und Wärmeerzeugung**
 - Eine erhebliche Steigerung der Gasproduktion von ca. 10 - 15 % war durch die geplante Einführung der A-Stufe (siehe Pos. 2.2) zu erwarten und weil der auf diesem Wege dem Faulbehälter zugeführte Schlamm eine Charakteristik ähnlich der von Primärschlamm (Vorklärung) aufweist.
 - Der Schlamm aus der A-Stufe hat gegenüber regulärem Überschussschlamm einer einstufigen Belebung einen rd. 15 % höheren Anteil an organischer Trockensubstanz und einen um rd. 20 % höheren Gasertrag bezogen auf die organische Trockenmasse.
 - Des Weiteren zeichnet sich der Schlamm nach der Faulung durch einen höheren Entwässerungsgrad aus.
- **Reduktion des Stromverbrauches**
 - Der Stromverbrauch für die Belüftung sollte zum einen sinken, weil in der A-Stufe bereits 70 bis 80 % des CSB aus dem Abwasserstrom abgeschieden werden und der B-Stufe (Belebungsstufe) eine gegenüber der konventionellen, einstufigen Belebung stark reduzierte C-Fracht zuläuft.
 - Gravierender ist aber, dass die Nitrifikation/Denitrifikation einer konventionellen, einstufigen Belebung durch die vorgesehene wesentlich energieeffizientere Stickstoffelimination mittels Deammonifikation ersetzt werden sollte.
 - Die N-Rückbelastung durch das Filtrat aus der Schlammentwässerung und -eindickung aufgrund der Deammonifikation im Teilstrom (Nebenstrom) entfällt dadurch. Hierbei reduziert sich die Stickstofffracht im Hauptstrom der Kläranlage um rd. 20 %.

Die Gesamtbetrachtung aller Auswirkungen sollte dazu führen, dass die Kläranlage Eisenhüttenstadt ihren enormen Fremdstrombedarf (1.425 MWh) stark reduziert.

2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Der Zielzustand sollte über eine Verfahrensumstellung der Abwasserbehandlung und der Schlammbehandlung aus der Faulschlammentwässerung erreicht werden. Als Auslegungsdaten wurden bei der Planung die Daten aus dem Bericht 2010 der Kläranlage zugrunde gelegt. Einzelne Parameter wurden bereits im Punkt 1.2 dargestellt.

Die Schlüsselfunktion zur Umsetzung der o.g. Projektziele beinhaltet die Umstellung der Abwasserbehandlung auf EssDE[®] und steht für „Energy self sufficient by DEMON+[®]“. EssDE[®] kombiniert die bekannten Vorzüge des Adsorptions-Belebungs-Abwasserreinigungsverfahrens (A-B-Verfahren) mit dem von Cyklar-Stulz patentierten DEMON+[®]-Verfahren und setzt letzteres zur Stickstoffelimination aus dem Schlammwasser und der B-Stufe ein.

Beim A-B-Verfahren wird der größte Teil des Kohlenstoffs (60 % - 90 %) durch Adsorption in der A-Stufe (Adsorptionsstufe) fixiert und unmittelbar in die Faulung gegeben. Es können damit auch kolloidale Stoffe aus dem Rohabwasser entnommen werden. Die Phosphorelimination wird teilweise bereits in der A-Stufe vollzogen. Es wird mehr Faulgas und damit mehr Energie gewonnen. Mit der großen Menge an Organik aus der A-Stufe gelangt auch viel Stickstoff in die Faulung, welcher sich im Schlammwasser wieder findet.

In der B-Stufe (Belebungsstufe) wird (Belüftungs-) Energie gespart, weil weniger Kohlenstofffracht endogen veratmet und sehr viel weniger Stickstoff oxidiert werden muss. Die Stickstoffelimination erfolgt durch Nitrifikation/Denitrifikation, wobei Ammonium zu Nitrit und Nitrat umgesetzt wird (Abbildung 2).

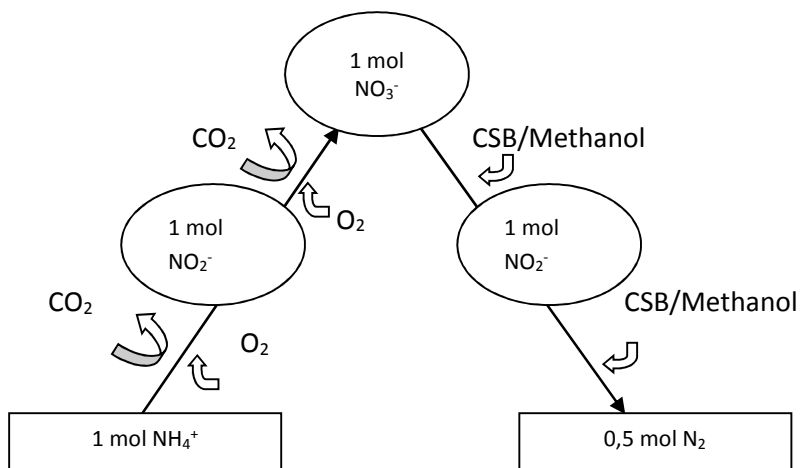


Abbildung 2: Stickstoffelimination über Nitrifikation und Denitrifikation (Quelle: cyklar-stulz GmbH, 2011)

Bei der Deammonifikation mittels DEMON+[®] werden durch spezialisierte Bakterien nur 50 % des Ammoniums zu Nitrit oxidiert, welches nachfolgend mit dem verbleibenden Ammonium zu Stickstoffgas reduziert wird (Abbildung 3). Daraus ergeben sich Einsparungen bei der Belüftung und es wird kein Kohlenstoff verbraucht.

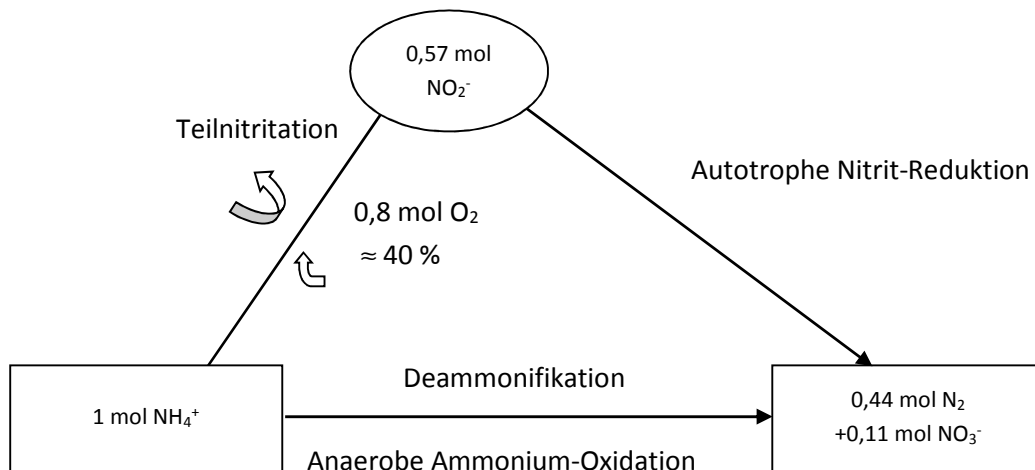


Abbildung 3: Stickstoffelimination durch Deammonifikation (Quelle: cyklar-stulz GmbH, 2011)

Eine entscheidende Rolle in diesem Prozess spielen sehr langsam wüchsige anaerob Ammonium oxidierende Bakterien (Planctomyceten). Der Prozess ist temperaturabhängig: mit sinkenden Temperaturen wird weniger Stickstoffe eliminiert.

In der Kläranlage Eisenhüttenstadt sollte erstmals eine konventionell betriebene Kläranlage mit NH₄-N-Gehalt im Zulauf von > 10 g NH₄-N/EW*d vollständig auf EssDE[®] umgerüstet werden.

Durch die Stilllegung einer Belebungsstraße auf der Kläranlage ergab sich die Möglichkeit dieses Verfahren, ohne Einschränkung in der Abwasserbehandlung zu implementieren. Die vorhandene Belebungsstraße wurde im Jahr 1995 als **Kaskade** ausgeführt, so dass das A-B-Verfahren ohne bauliche Veränderung eingefügt werden konnte.

Für die Installation des DEMON+[®] - Verfahrens im Nebenstrom, dem ersten Teilabschnitt bei der Einführung des EssDE Verfahrens, konnte das ehemalige Speicherbecken (Filtratwasser/ Schlammmeindickung) genutzt werden. Der Zustand nach dem Umbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

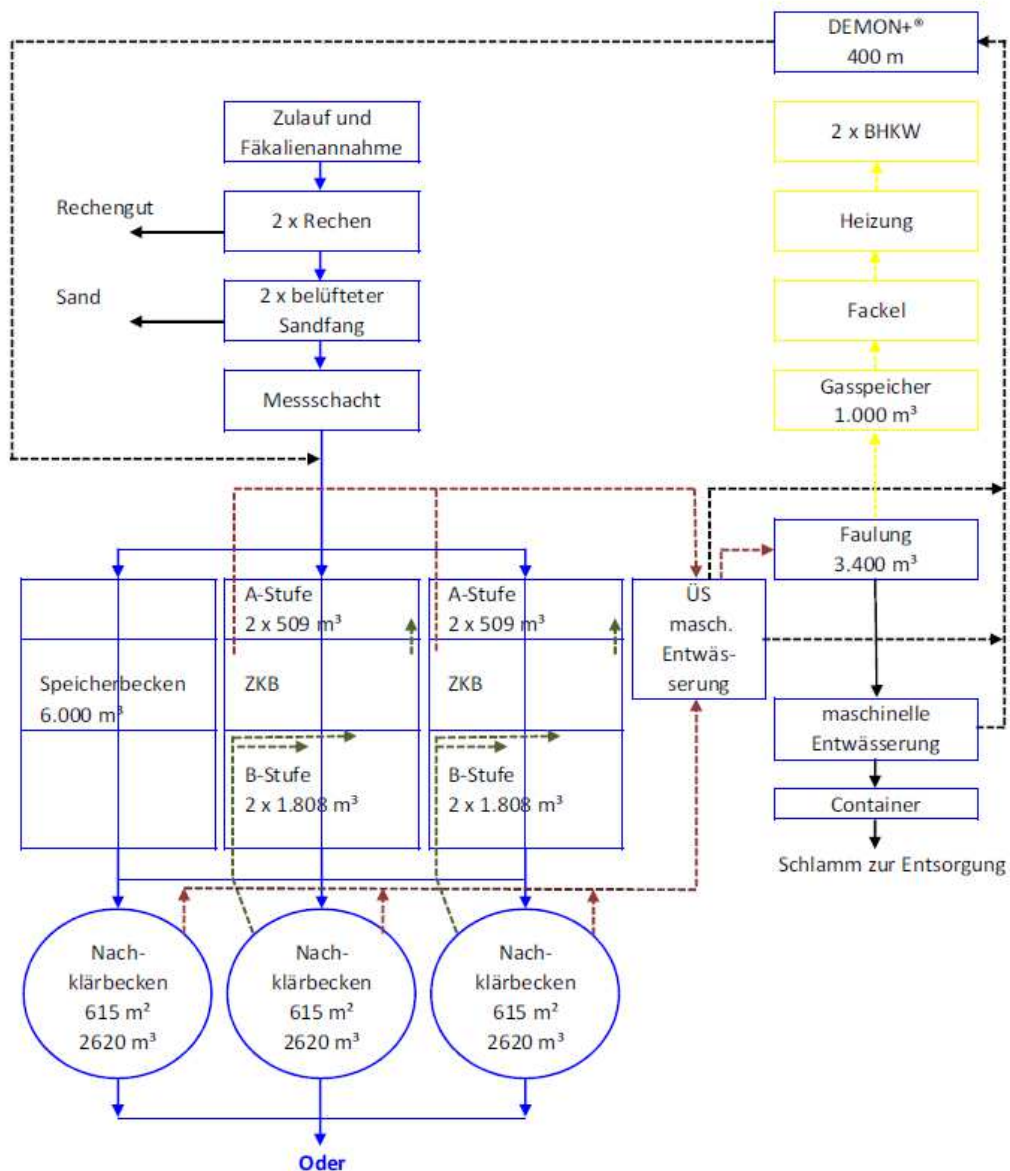


Abbildung 4: Verfahrensskizze, Zustand nach dem Umbau (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Für das Projekt war eine Gesamtdauer von 28 Monaten (Tabelle 2) geplant, gegliedert in 5 Teilvorhaben. Vorteilhaft war bis zum Insolvenzantrag der STULZ-PLANAQUA GmbH vom 19.02.2014, dass ein Generalunternehmer in das Gesamtprojekt eingebunden war. Durch die Insolvenz der STULZ-PLANAQUA GmbH kam es zu erheblichen Verzögerungen im Bauablauf. Das Vorhaben wurde durch den TAZV weitergeführt.

Teilvorhaben 1: Ermittlung des Ist-Zustandes und Prüfung der Betriebsdatengrundlage

Die der Planung zugrunde gelegten Daten mussten verifiziert werden. Die Prüfung und Verifizierung erfolgte durch Fachleute von STULZ-PLANAQUA GmbH. Ergänzende Analytik wurde durch das Klärwerkspersonal durchgeführt. Die kalkulierten Kosten für das Teilvorhaben 1 wurden bei den Personalkosten sowie bei den Betriebsmitteln für Analytik berücksichtigt. Ferner wurden Kosten von STULZ-PLANAQUA GmbH laut Angebot berücksichtigt.

Teilvorhaben 2: Planung, Installation, Inbetriebnahme und Probetrieb der Schlammwasserbehandlung mit Demon+®

Nach Verifizierung der zu Grunde gelegten Daten erfolgte die Planung für die Installation des Demon+®-Verfahrens für die Schlammwasserbehandlung. Diese musste zuerst installiert werden, bevor der Umbau der Belebung in A-B mit Demon+® in der B-Stufe begonnen werden konnte. Bei diesem biologischen System waren nach erfolgter Installation eine Inbetriebnahme und ein Probetrieb von ca. 3 Monaten erforderlich. Die kalkulierten Kosten für das Teilvorhaben 2 waren im Angebot der Firma STULZ-PLANAQUA GmbH berücksichtigt. Alternative Angebote konnten nicht eingeholt werden, weil das Verfahren patentiert ist und im Zusammenhang mit dem Umbau der Belebung auf EssDE® deshalb kein alternativer Lieferant zur Verfügung gestanden hat. Der DEMON-Reaktor musste im laufenden Projekt nochmals angepasst werden. Dies hat zu Verzögerungen geführt.

Teilvorhaben 3 und 4: Planung, Installation, Inbetriebnahme und Probetrieb mit EssDE®

Während der Installation des DEMON+® - Verfahrens zur Deammonifikation des Schlammwassers startete die Planung für den Umbau der Belebung und die Komplettinstallation des EssDE®. Dieser Umbau erfolgte in 2 Stufen: Zunächst wurde das stillgelegte Doppelbecken (Abbildungen 1 und 4) umgerüstet, anschließend das zweite Becken. Im Anschluss an die Umrüstung von jedem Doppelbecken erfolgte jeweils ein Probetrieb. Das dritte Doppelbecken wird nicht mehr benötigt und wird künftig als Regenwasserrückhaltung zur Verfügung stehen. Die kalkulierten Kosten für die Teilvorhaben 3 und 4 waren im Angebot der Firma STULZ-PLANAQUA GmbH enthalten. Alternative Angebote konnten aus den oben genannten Gründen (siehe Teilvorhaben 2) nicht eingeholt werden.

Teilvorhaben 5: Probetrieb der Gesamtanlage und Erfolgskontrolle

Im Anschluss an die Inbetriebnahme des Gesamtsystems erfolgte ein Probe- bzw. Optimierungsbetrieb, der bis zum heutigen Tag andauert. Ein Abschluss des Projektes ist nicht vor 2019 zu erwarten. Dieser Prozess beinhaltet umfangreiche Stoff- und Energiebilanzen durch eigenes Personal bzw. Leistungen durch Dritte.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Es waren keine Genehmigungen erforderlich.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zur Überwachung und Steuerung der Abwasserreinigung einschließlich Schlammbehandlung waren bereits Labor- und Onlinemessungen vorhanden. Im Projekt wurden speziell für die Steuerung der A-B Stufe als auch das DEMON-Verfahren Onlinemessungen nachgerüstet. Alle Daten werden im Prozessleitsystem archiviert und in einzelnen Berichten dargestellt.

Die Datenerfassung und -auswertung wurden dem Projekt angepasst und beinhalten folgende Punkte:

- Zusammenfassung und Auswertung aller Messdaten (Betriebsdaten, Tagebuch, ergänzende Analysen, externe Analysen, besondere Vorkommnisse etc.)
- Überprüfung der Konformität der Messdaten anhand bilanzieller Betrachtungen (CSB, N, P, TS)
- Zusammenfassung und Prüfung des Energiezustandes der Kläranlage im Einklang mit dem vorhandenen Energiemanagementsystem (EnMS) nach ISO 50001

2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Die Umsetzung des Projektes der Integrierung des EssDE[®] kombiniert mit dem von Cyklar-Stulz patentierten DEMON+[®] - Verfahren im Hauptstrom konnte im Förderzeitraum nicht umgesetzt werden, so dass kein Messprogramm durchgeführt wurde.

3. **Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung**

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Mit Zustellung des Zuwendungsbescheides vom 27.09.2011 und Anpassung des Wirtschaftsplanes 2012 wurde mit dem Unternehmen STULZ-PLANAQUA GmbH am 28.02.2012 ein Vertrag zum technologischen Umbau der Kläranlage Eisenhüttenstadt abgeschlossen. Durch die verspätete Beauftragung hatte sich das Bauende bereits um zwei Monate (Tabelle 2) verschoben.

Tabelle 2: Bauzeitplan 2012 - 2014 einschließlich Teilvorhaben (Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH, 2011)

Pos.	Teilvorhaben	2012												2013											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Monate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Ermittlung Ist-Zustand																								
2	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb Schlammbehandlung mit DEMON																								
3	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb EssDE mit einem Doppelbecken																								
4	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb EssDE mit zweiten Doppelbecken																								
5	Probetrieb Gesamtanlage und Erfolgskontrolle																								

Pos.	Teilvorhaben	2014												2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Monate	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	Ermittlung Ist-Zustand																								
2	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb Schlammbehandlung mit DEMON																								
3	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb EssDE mit einem Doppelbecken																								
4	Planung/ Installation/ Inbetriebnahme/ Probetrieb EssDE mit zweiten Doppelbecken																								
5	Probetrieb Gesamtanlage und Erfolgskontrolle																								

Zusätzliche Verzögerungen im Bauablauf wurden mit der Aufnahme des IST-Zustandes verursacht, speziell bei der Bestandsaufnahme der Alt-Anlage gab es Diskrepanzen zwischen dem Bestand und dem Ist-Bestand. Der IST-Stand wurde neu aufgenommen. Im ersten Zwischenbericht zum Projekt wurde daher eine fünfmonatige Bauverlängerung dargestellt und das Bauende mit dem Änderungsbescheid vom 11.11.2014 auf den 30.09.2015 geändert.

Der anschließende technologische Umbau erfolgte planmäßig bis 02/2014. Am 19.02.2014 wurde dem TAZV mitgeteilt, dass das Unternehmen STULZ-PLANAQUA GmbH einen Insolvenzantrag gestellt hat. Mit diesem Antrag waren die STULZ-PLANAQUA GmbH und die dort in das Projekt involvierten Personen handlungsunfähig, so dass das Projekt vorerst nicht weitergeführt werden konnte. Der technologische Umbau war bis zu diesem Zeitpunkt bereits realisiert. Der Insolvenzantrag betraf den Probe- und Optimierungsbetrieb und die Erfolgskontrolle (Pos. 5, Bauzeitenplan). Der TAZV hat das Projekt auch nach der Insolvenz der STULZ-PLANAQUA GmbH weitergeführt und dabei versucht, die sachkundigen Personen, die vor Insolvenz der STULZ-PLANAQUA GmbH bereits in das Projekt involviert waren, so weit wie möglich, durch separate Beauftragungen weiter einzubinden.

Im Probetrieb stellte sich heraus, dass die vorhandene maschinelle Überschussschlamm-entwässerungsanlage für die Schlämme aus der A-B Stufe nicht geeignet ist, so dass diese gegen eine neue Anlage ausgetauscht werden musste. Des Weiteren gab es Probleme im DEMON-Reaktor, der nochmals technologisch verändert wurde. Dieser musste dafür entleert und mit neuer Biomasse neu angefahren werden. Die Beschaffung der notwendigen speziellen Biomasse (Planctomyceten), die von anderen Kläranlagen bezogen werden muss, stellte sich als schwierig und langwierig heraus.

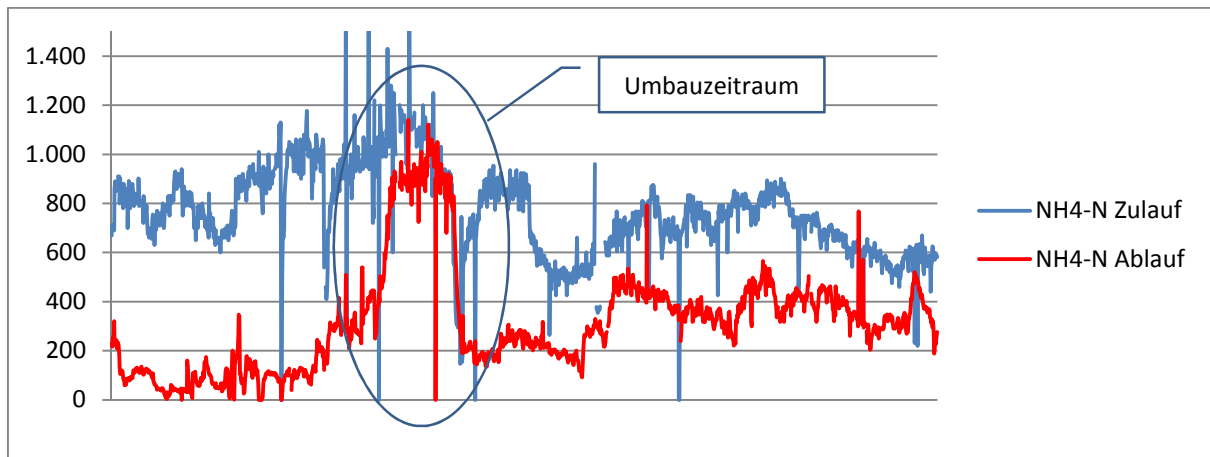


Abbildung 5: Zu- und Ablaufkonzentrationen [mg/l] im DEMON-Reaktor vom 17.08.2013 - 22.08.2017

Da die Abbauleistung von Ammonium im DEMON-Reaktor sehr temperaturabhängig ist, erfolgte eine Nachrüstung eines Wärmetauschers (Abbildung 5, nach Umbauzeitraum) zur Erreichung einer Reaktortemperatur von $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Der Abbaugrad (Abbildung 6) des Ammoniums lag nach Inbetriebnahme des DEMON-Reaktors bei $> 80\%$. Dieser Abbaugrad konnte nach dem Umbau nicht mehr erreicht werden und unterliegt starken Schwankungen. Derzeit liegt der Abbaugrad bei ca. 40 % und es erfolgen weitere Optimierungen.

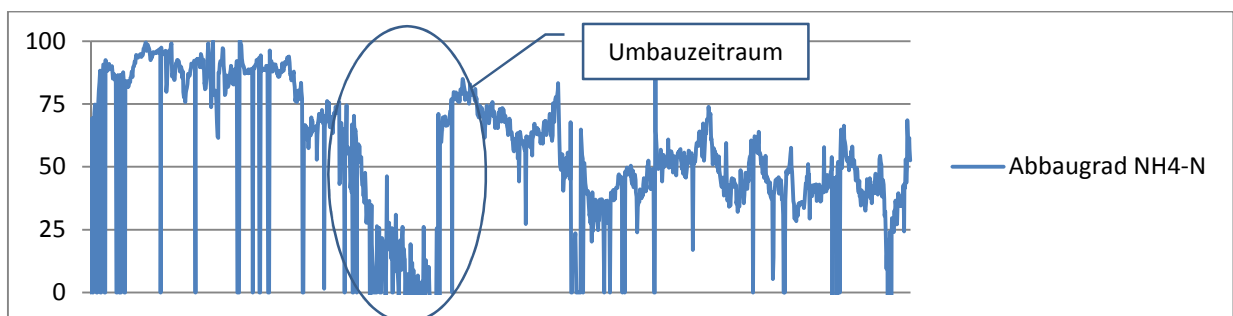


Abbildung 6: Abbaugrad DEMON-Reaktor vom 17.08.2013 - 22.08.2017 in Prozent

Mit der Deammonifikation im Hauptstrom in der B-Stufe wurde im Jahr 2015 begonnen. Der erforderliche Schlamm wurde von einer Kläranlage aus den Niederlanden bezogen. Da dieser Bioschlamm jedoch im rechtlichen Sinne als Abfall gilt, musste für die Einfuhr ein Notifizierungsverfahren (grenzüberschreitender Abfalltransport/-verbringung) beider Abfallbehörden durchgeführt werden. Das Verfahren wurde in den Jahren 2015 und 2016 durchgeführt und dauerte jeweils ca. 6 Monate.

Die Belebungsstraße 2 wurde im 4. Quartal 2016 erneut mit Biomasse angeimpft und durch Parameteränderungen optimiert. Bei sämtlichen Einstellungen müssen die Ablaufgrenzwerte der Kläranlage eingehalten werden.

Aufgrund des schlechten Ammoniumabbaus bei konventioneller intermittierender (Nitrifikation/Denitrifikation) Fahrweise der Belebungsanlagen erfolgte die Bestimmung der Ammoniumoxidierer (AOB) und Nitritoxidierer (NOB) durch ein Speziallabor. Entsprechende Schlammproben wurden wöchentlich verschickt und analysiert. Die Populationen werden auf einer Skala zwischen 0 und 5 quantifiziert. Für den Abbau der Stickstofffracht muss eine Population von > 2,5 vorhanden sein. Die festgestellten Schwankungen spiegeln die Ablaufmesswerte wieder, so dass sich der Beginn der Deammonifikation im Hauptstrom verzögert hat. Die Schwankungen sind in Abbildung 7 dargestellt.

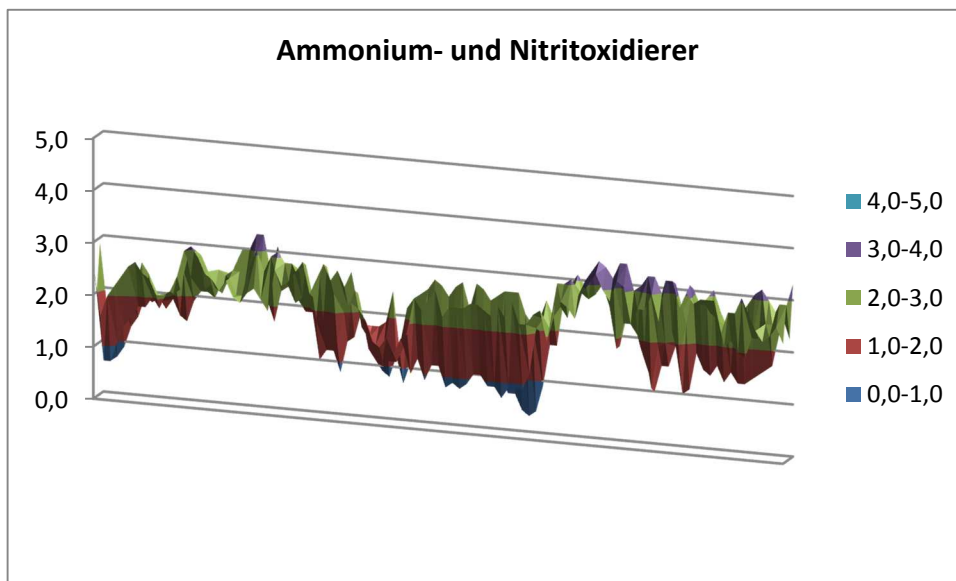


Abbildung 7: Populationsquantifizierung der Ammonium- und Nitritoxidierer vom 16.04.2014 - 19.07.2017

Die neuen Verdichter (3 Stück) waren im Projektzeitraum sehr störanfällig. Der Lufteintrag zur Sauerstoffversorgung der Belebungsstraßen wurde daher über einen vorhandenen Verdichter gewährleistet. Die tägliche Energiebilanzfassung im Projekt ergab, dass das „alte“ Aggregat einen höheren Wirkungsgrad aufweist als die neuen Verdichter. Um das Energieziel zu erreichen wurde im Jahr 2017 ein neuer Verdichter angeschafft, der die Grundlastversorgung für die Sauerstoffversorgung der A-B-Stufe übernimmt.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Grundlage der Stoff- und Energiebilanz sind die Parameter entsprechend dem Punkt 2.1 (Ziel des Vorhabens). Die Darstellung der Jahresbilanzen erfolgte in Anlehnung an Punkt 1.2 des Abschnittes (Betriebsdaten der Kläranlage Eisenhüttenstadt im 2010) und beinhaltet die wichtigsten Stoff- und Energieparameter (Abbildungen 8 bis 19).

Zulaufbelastung

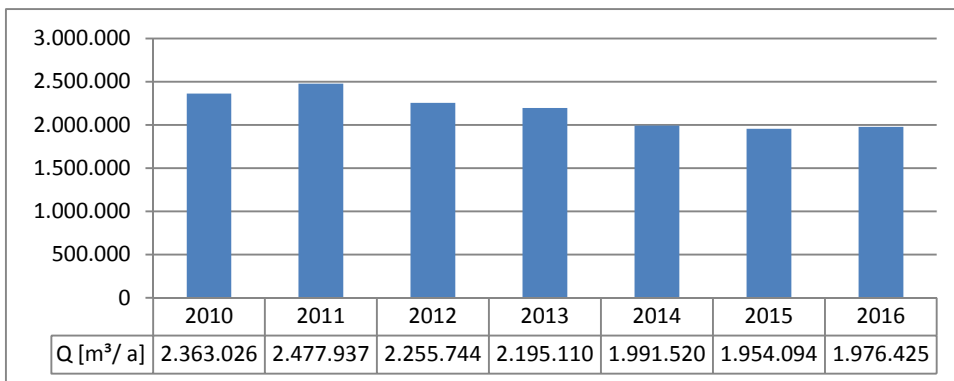


Abbildung 8: Jahresabwassermengen 2010 bis 2016

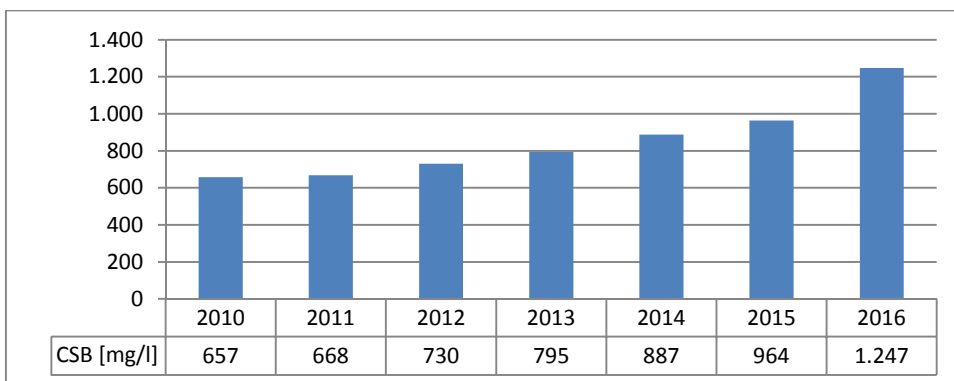


Abbildung 9: CSB-Konzentrationen 2010 bis 2016

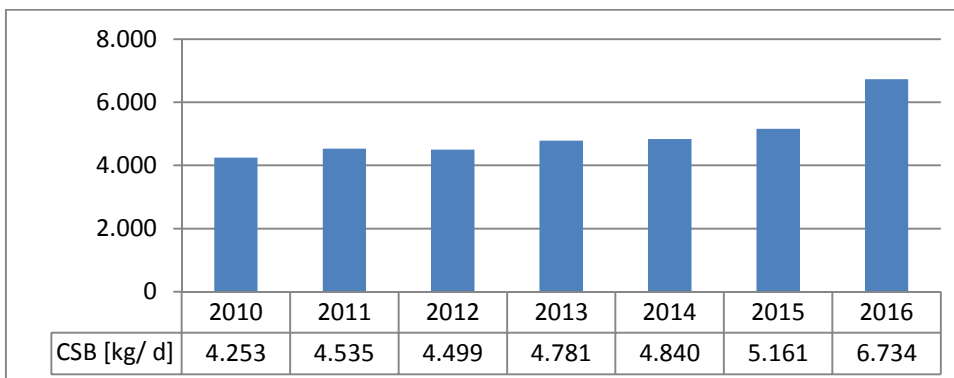


Abbildung 10: CSB-Frachten 2010 bis 2016

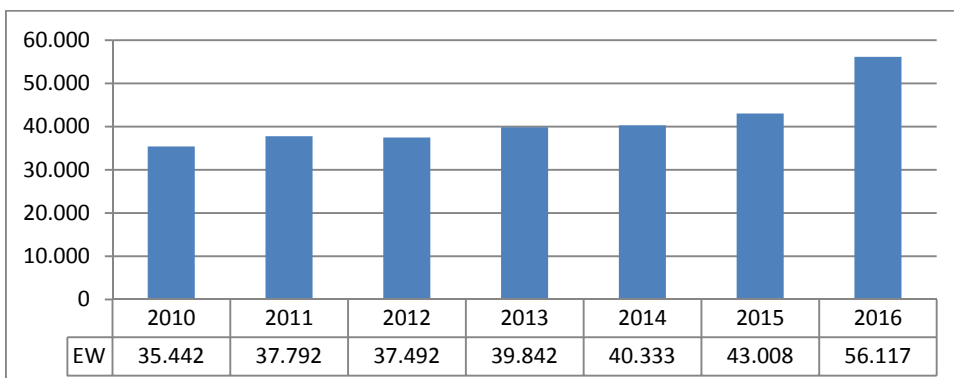


Abbildung 11: Einwohnerwerte 2010 bis 2016

In der Bilanz der Abbildung 8 ist ersichtlich, dass die Jahresabwassermengen im Projektzeitraum gesunken sind. Gleichzeitig sind die CSB-Konzentrationen/-Frachten (Abbildung 9 und 10) gestiegen. Der Zuwachs wurde durch einen Industrieeinleiter verursacht. Der gleiche Trend ist in der Darstellung der Einwohnerwerte (EW) in Abbildung 11 zu erkennen.

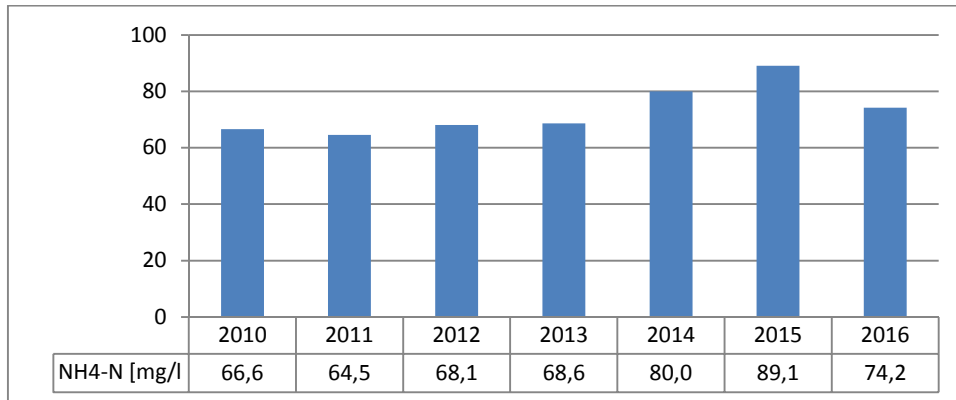


Abbildung 12: Ammonium-Konzentrationen 2010 bis 2016

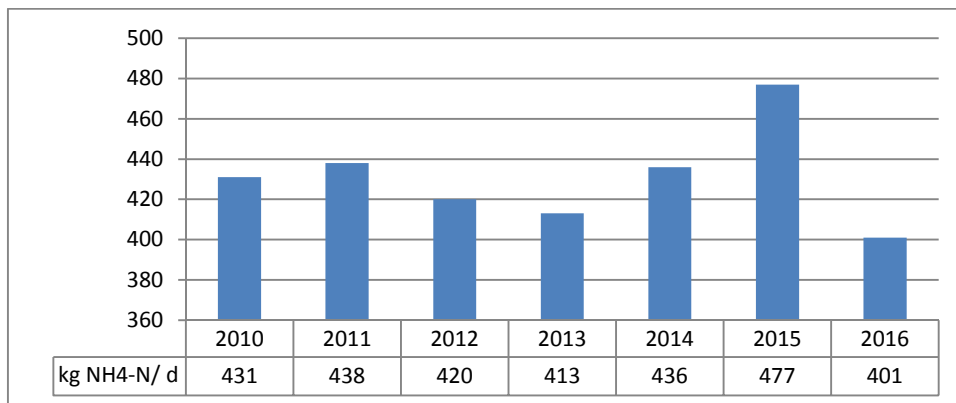


Abbildung 13: Ammonium-Frachten 2010 bis 2016

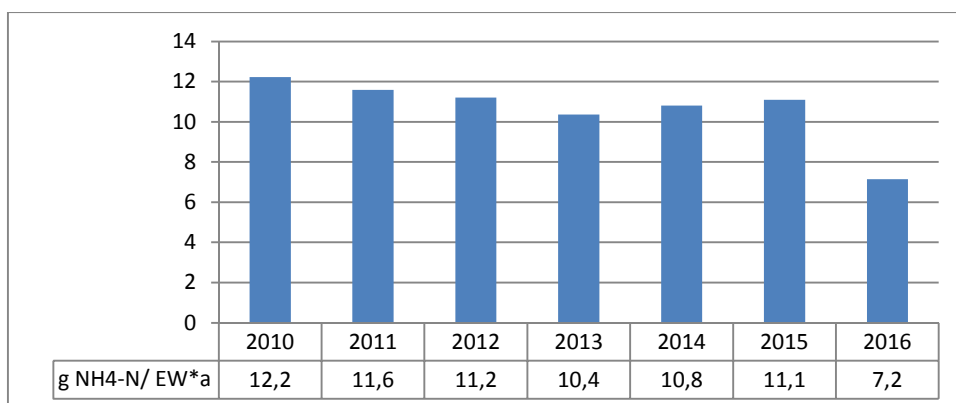


Abbildung 14: Ammonium-Frachten pro Einwohner und Tag von 2010 bis 2016

Die Ammoniumfrachten (g NH₄-N/EW*d) sind im Betrachtungszeitraum geringfügig gesunken, wobei sich dieser Wert im Jahr 2016 erheblich reduziert hat (Abbildungen 12 bis 14). In diesem Jahr erhöhte sich gleichfalls die CSB-Zulauffracht um ca. 13.000 EW (2015/2016).

A. Stromverbrauch

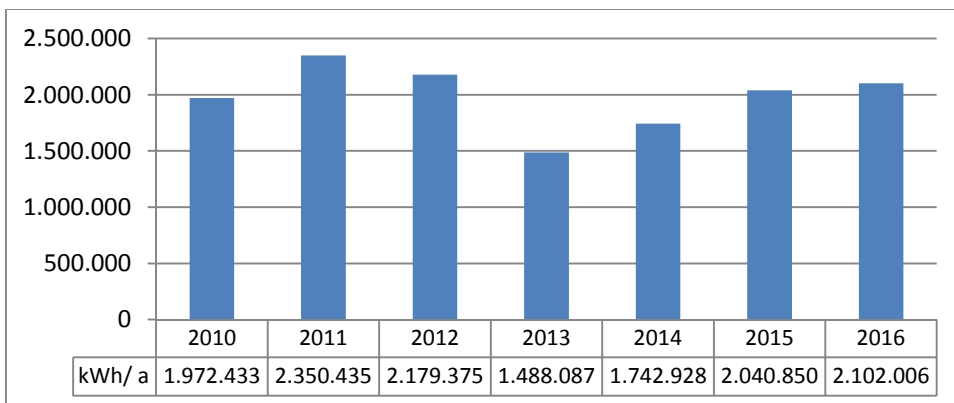


Abbildung 15: Gesamtstromverbrauch pro Jahr von 2010 bis 2016

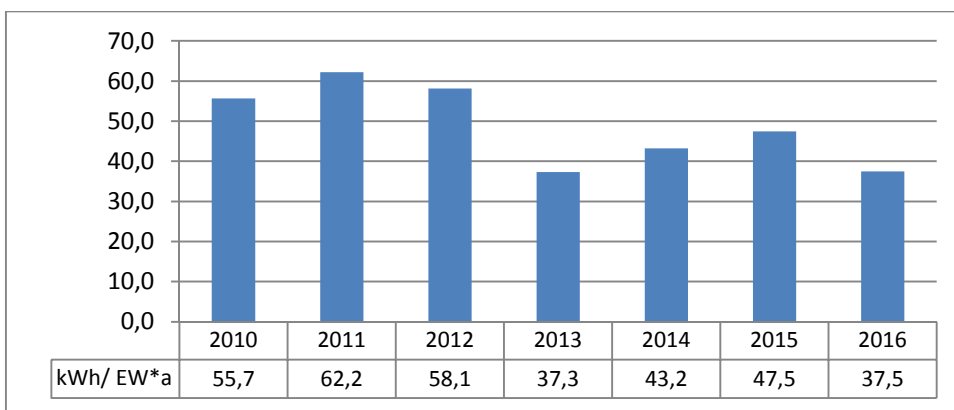


Abbildung 16: Gesamtstromverbrauch pro Einwohner und Jahr von 2010 bis 2016

Der Gesamtstromverbrauch pro EW (kWh/a) ist in Bezug auf das Basisjahr deutlich gesunken, liegt jedoch mit 38 kWh/EW*a noch über dem Zielwert von 18 kWh/EW*a (Abbildungen 15 und 16). Weitere Maßnahmen zur Reduzierung des Gesamtstromverbrauches (kWh/EW*a) sind in den Jahren 2017 bis 2019 geplant.

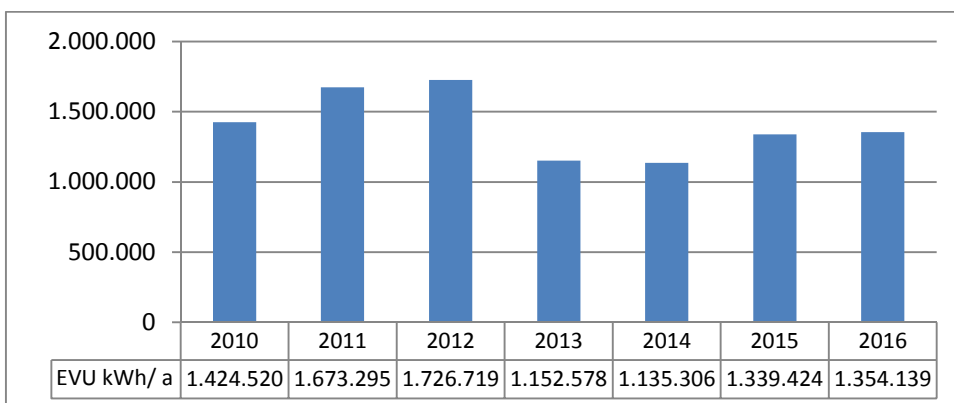


Abbildung 17: Fremdstrombezug 2010 bis 2016

Der Fremdstrombezug konnte von 1.425 MWh auf 1.354 MWh gemindert werden (Abbildung 17), liegt jedoch noch weit über dem Ziel des Projektes, einen energieautarken Betrieb zu erreichen.

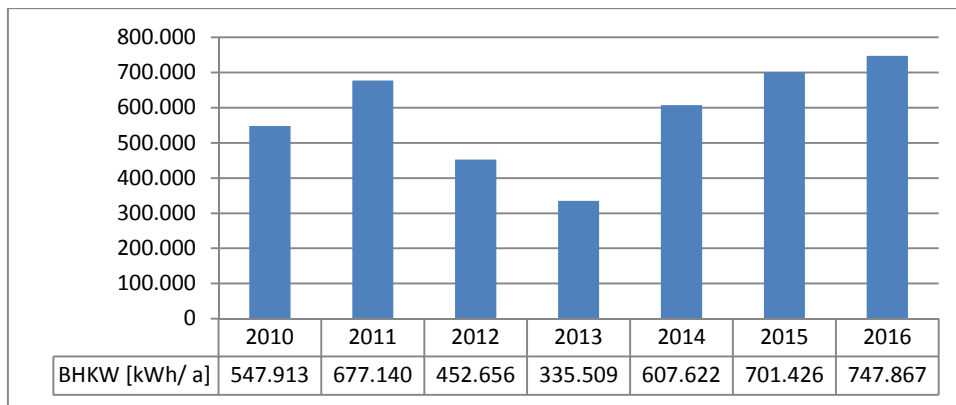


Abbildung 18: Eigenstromerzeugung 2010 bis 2016

Gegenüber dem Basiswert 2010 konnte die Eigenstromerzeugung gesteigert werden (Abbildung 18). Im Jahr 2013 erfolgt ein technologischer Umbau des Faulbehälters, so dass dieser für 5 Monate nicht betrieben werden konnte.

Der Stromverbrauch für die Belüftung hat sich durch den schlechten Wirkungsgrad der eingesetzten Verdichter erhöht. Aufgrund der Umstellung des Prozessleitsystems sind nur Daten aus den Jahren 2010, 2015 und 2016 für den Vergleich verwendbar.

Stromverbrauch für die Belüftung in kWh/a:

2010: 700.800
 2015: 966.847
 2016: 805.181

Im Juni 2017 wurde ein neuer Verdichter in Betrieb genommen, der die Grundversorgung der Belüftung der A-B Stufe übernimmt. Derzeit wird eingeschätzt, dass sich der Stromverbrauch um ca. 500 kWh/d bzw. ca. 180.000 kWh/a verringern wird.

3.3. Umweltbilanz

Die Darstellung der Umweltbilanzen basiert auf den vermiedenen energie- und prozessbedingten Treibhausgasemissionen als Menge an CO₂-Äquivalenten (CO₂-Äq.). Die Bilanzen wurden auf der Grundlage des Energiemix der Bundesrepublik Deutschland erstellt (Punkt 6) und betragen 476 g/kWh CO₂-Emissionen. Es wurden die Jahre 2010 und 2016 gegenübergestellt.

Der Gesamtstromverbrauch pro EW wurde seit dem Jahr 2010 bis 2016 von 55,7 kWh/EW*a auf 37,5 kWh/EW*a reduziert. In Bezug auf den Gesamtstromverbrauch bedeutet dies eine Reduzierung von 18,2 kWh/EW*a (- 32,7 %).

Der CO₂-Emissionseintrag ist um 8,66 kg CO₂/EW*a gesunken. Im Jahr 2016 wurde die CO₂-Emission um ca. 486 t reduziert. Die Erhöhung der Eigenstromerzeugung durch Steigerung der Faulgasproduktion konnte nicht erzielt und muss weiter optimiert werden. Lediglich der Wirkungsgrad der Blockheizkraftwerke (BHKW) wurde erhöht (Abbildung 19). Eine weitere Erhöhung wird durch den Einsatz eines neuen BHKWs (09/2017) erwartet und liegt dann bei ca. 38 % entsprechend Herstellerangaben. Die Implementation eines neuen BHKWs wurde nach Durchführung eines öffentlichen Ausschreibungsverfahrens beauftragt.

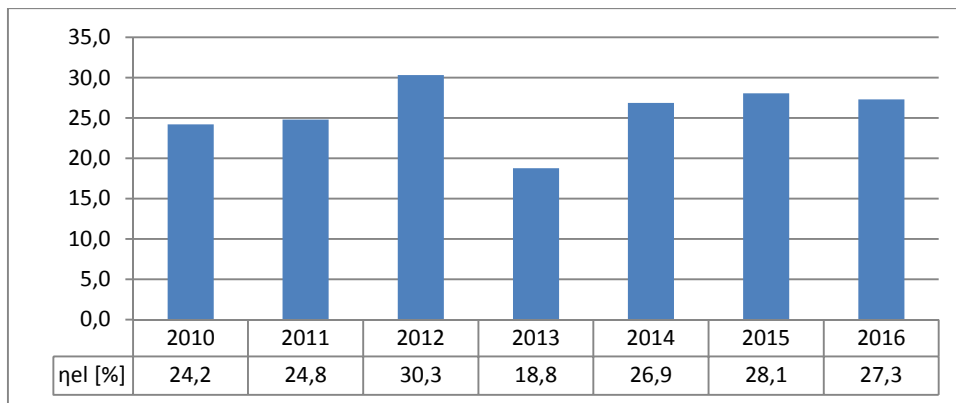


Abbildung 19: Wirkungsgrad der BHKWs

Im Jahr 2013 erfolgte der Umbau der Schlammbehandlung, so dass dieser Wert in der Bilanz auszuschließen ist. Im Projekt wurde die Gasmessung erneuert, daher sind in den Bilanzen vor 2014 Messfehler nicht auszuschließen.

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde auf Grundlage von Bruttopreisen erstellt, da der TAZV nicht vorsteuerabzugsberechtigt ist. Zum besseren Vergleich wurden die Kosten aus 2010 und die Bilanzen der beiden Jahre 2010/2016 verglichen.

A. Gesamtstromverbrauch, Eigenstromerzeugung und Fremdstrombezug

Tabelle 3: Gesamtstromverbrauch, Eigenstromerzeugung und Fremdstrombezug (IST-Vergleich)

	Einheit	2010	2016
Gesamtstromverbrauch	[kWh/EW*a]	55,7	37,5
	[EW/d]	35.442	56.117
	[kWh/a]	1.972.433	2.102.005
Faulgasproduktion	[l/EW*d]	29,8	20,6
BHKW _{Input Gas}	[Nm ³ /a]	349.323	423.550
Eigenstromerzeugung	[kWh/a]	547.913	749.828
BHKW-Wirkungsgrad	[%]	24,2	27,3
Fremdstrombezug	[kWh/a]	1.424.520	1.352.177
+/-	[kWh/a]		-72.343
Energiekosten	[€/a]	263.617	241.729
+/-	[€/a]		-21.888

Bei der Kostenbetrachtung wurde mit den Energiekosten des Basisjahres 2010 gerechnet. Trotz der aufgrund des Anstiegs der CSB-Frachten im Jahr 2016 um ca. 6,6 % gestiegenen Stromverbräuche konnte eine Unterschreitung in Höhe von 21.888 € (d.h. eine Reduktion um ca. 8,3 % gegenüber 2010) erreicht werden (Tabelle 3). In Tabelle 4 erfolgte der Vergleich über die Einwohnerwerte (EW/d) von 2010. Die geminderte Gasproduktion (l/EW*d) im Jahr 2016 wurde in der Kostendarstellung berücksichtigt.

Tabelle4: Gesamtstromverbrauch, Eigenstromerzeugung und Fremdstrombezug (Vergleich mit Ausgangsdaten)

	Einheit	2010	2016
Gesamtstromverbrauch	[kWh/EW*a]	55,7	37,5
	[EW/d]	35.442	
	[kWh/a]	1.972.433	1.327.571
Faulgasproduktion	[l/EW*d]	29,8	20,6
BHKW _{Input Gas}	[Nm ³ /a]	349.323	266.488
Eigenstromerzeugung	[kWh/a]	547.913	471.775
BHKW-Wirkungsgrad	[%]	24,2	27,3
Fremdstrombezug	[kWh/a]	1.424.520	855.795
+/-	[kWh/a]		568.725
Energiekosten	[€/a]	263.617	152.990
+/-	[€/a]		-110.627

Auf Basis der Betriebsdaten von 2010 ergeben sich aufgrund des bislang umgesetzten, optimierten Anlagenzustandes eine Reduktion des Fremdstrombezuges und eine Energiekosteneinsparung für die Kläranlage von rund 40 %.

B. Amortisation

Investitionskosten gesamt Brutto: 2.293.360,89 €

Amortisationsfaktor: 20,9 Jahre

Ersparnis durch 30 % Investitionszuschuss:

Investitionskosten gesamt Brutto: 2.293.360,89 €

Fördersumme: - 688.008,27 €

Amortisationsfaktor: 14,2 Jahre

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Ein technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren kann derzeit nicht getroffen werden, da das eigentliche Verfahren - Deammonifikation im Hauptstrom - noch nicht abgeschlossen wurde. Die Deammonifikation im Hauptstrom in der B-Stufe wurde im 4. Quartal 2016 mit Zugabe von Impfschlamm aus einer anderen DEMON-Anlage begonnen. Das Projekt wird durch den TAZV weitergeführt und benötigt nach Ansicht des TAZV noch weitere zwei Jahre für die Optimierung. Ein Erfolg der Deammonifikation im Hauptstrom kann aus heutiger Sicht noch nicht eingeschätzt werden.

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Mit Beginn des Projektes mussten viele bestehende Anlagenteile bei laufendem Betrieb umgerüstet werden. Diese Anpassungen benötigten einen höheren Zeitbedarf als geplant. Mit Inbetriebnahme einzelner Anlagenteile und für deren Optimierung waren Folgeinvestitionen erforderlich, die erst in den einzelnen Wirtschaftsplänen berücksichtigt und zeitversetzt über Ausschreibungsverfahren realisiert werden konnten, so dass sich das Projekt aufgrund der bestehenden externen bzw. internen Regularien verzögerte.

Das größte Problem gab es bei der Beschaffung der erforderlichen Biomasse für das DEMON-Verfahren. Derzeit werden viele Kläranlagen auf das DEMON-Verfahren im Nebenschluss umgerüstet, so dass es grundsätzlich schwierig und zeitaufwändig ist, notwendige Biomasse (Planctomyceten) zu beschaffen.

Der erforderliche Schlamm für die Deamonifikation im Hauptstrom konnte zum damaligen Zeitpunkt nur aus einer Anlage in den Niederlanden beschafft werden. Der Schlamm wurde über eine Abfallschlüsselnummer eingeführt, so dass eine Notifizierung zwischen den beteiligten nationalen Abfallbehörden erforderlich war. Der Genehmigungszeitraum dauerte ca. 6 Monate und gilt nur für ein Jahr.

4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit

Die Deamonifikation im Hauptstrom der Kläranlage Eisenhüttenstadt wurde noch nicht nachgewiesen.

5. Zusammenfassung

Einleitung

Der Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue wurde im Jahr 1993 gegründet. Hervorgegangen ist der Verband aus dem freiwilligen Zusammenschluss der Stadt Eisenhüttenstadt mit weiteren 11 Umlandgemeinden. Dem Trinkwasser- und Abwasserzweckverband Oderaue obliegt die Gewährleistung der zentralen Trinkwasserversorgung nach Menge und Qualität entsprechend den hohen Anforderungen der Trinkwassergüteverordnung. Damit verbunden sind wichtige Arbeitsaufgaben wie die Abwasserübernahme und -behandlung sowie die schadlose Einleitung in die Oder. Hierbei stimmt die Grundauffassung des Verbandes zur Ökologie mit der Sicherung des natürlichen Lebensraumes der Oder für die Zukunft bzw. mit dem Beitrag zur Verbesserung im ökologischen Landbau überein.

Durch den demografischen Wandel in der regionalen Daseinsvorsorge der Ver- und Entsorgungsleistungen des Aufgabenbereiches des TAZV muss eine zukunftsorientierte Gebührenpolitik entwickelt werden. Eine Schlüsselfrage ist dabei, inwiefern sich die Energiepreispolitik der Bundesrepublik Deutschland verändert.

Der TAZV verfolgt daher das Ziel, das Risiko dieser Energieentwicklung durch innovative Verfahren für die Ver- und Entsorgung zu mindern. Speziell in der Abwasserbehandlung werden derzeit 60 % des Energiebedarfes für die Belüftung der Belebungsanlagen verwendet. Genau hier möchte der TAZV ansetzen: der Einsatz an Elektroenergie soll erheblich reduziert werden. Dieses hohe Ziel steht auch im Einklang mit dem eingeführten Energiemanagementsystem (EnMS) nach ISO 50001 im TAZV.

Vorhabenumsetzung

Für das Projekt war eine Gesamtdauer von 28 Monaten geplant, gegliedert in 5 Teilvorhaben. Vorteilhaft war bis zum Insolvenzantrag vom 19.02.2014, dass ein Generalunternehmer an den Erfolg des Gesamtprojektes gebunden war.

Der technologische Umbau erfolgte planmäßig bis zum 19.02.2014. Mit dem Insolvenzantrag waren die Beteiligten des Unternehmens STULZ-PLANAQUA GmbH handlungsunfähig, so dass das Projekt vorerst nicht weitergeführt werden konnte. Der technologische Umbau war bis zu diesem Zeitpunkt bereits realisiert. Der Insolvenzantrag betraf den Probe- und Optimierungsbetrieb und die Erfolgskontrolle. Der TAZV hat das Projekt nach der Insolvenz der STULZ-PLANAQUA GmbH unter Einbeziehung der bereits vor der Insolvenz am Projekt beteiligten Personen weitergeführt.

Im Probe- und Optimierungsbetrieb wurden Schwachstellen in anderen Anlagenteilen festgestellt, wie z.B. bei der maschinellen Überschussschlammwässerungsanlage oder an der BHKW-Anlage mit dem schlechten Wirkungsgrad, die im laufenden Betrieb der Kläranlage beseitigt wurden. Auch die neuen Verdichter für die Belüftung der A-B-Stufe haben sich in der Gesamtschau als problematisch herausgestellt und mussten durch einen neuen Verdichter ergänzt werden. Des Weiteren gab es Probleme im DEMON-Reaktor (Nebenschluss), der im Projektverlauf nochmals technologisch verändert wurde. Dieser musste dafür entleert und mit neuer Biomasse neu angefahren werden. Die Beschaffung von Biomasse (Planctomyceten) von anderen Kläranlagen hat sich als sehr schwierig erwiesen.

Das EssDE®-Verfahrens (A-B-Stufe) konnte problemlos in die vorhandenen Becken installiert werden.

Die Schlüsselfunktion zur Umsetzung des Projektzieles beinhaltete die Umstellung der A-B-Stufe auf Deammonifikation und die Implementation der Deammonifikation nicht nur im Nebenschluss, sondern auch in der B-Stufe. Im Jahr 2015 wurde das erste Mal entsprechende Biomasse in die B-Stufe zugegeben, aber ohne Erfolg. Im 4. Quartal 2016 wurde die Zugabe mit einer größeren Menge an Biomasse wiederholt. Bisher konnten keine dauerhaften positiven Ergebnisse nachgewiesen werden, so dass noch kein Messprogramm durchgeführt wurde. Das Projekt wird durch den TAZV weitergeführt.

Im Jahr 2017 wurde ein Verdichter für die Belüftung der A-B-Stufe und ein BHKW mit höherem Wirkungsgrad ersetzt. Mit diesen Maßnahmen verbesserte sich die Energieeffizienz.

Ergebnisse

Maßgebend für das Förderprojekt waren die Betriebsdaten aus dem Jahr 2010. Ziel war es, den Energieeinsatz der Kläranlage zu minimieren und den Gasertrag zu steigern.

Entsprechend der Daten aus dem Jahr 2010 lag der Stromverbrauch bei 55,7 kWh/EW*a. Dieser hohe Stromverbrauch sollte durch den technologischen Umbau erheblich reduziert werden. Ziel war es diesen Wert auf max. 18 kWh/EW*a zu reduzieren. Im Jahr 2016 konnte der Stromverbrauch auf 37,5 kWh/EW*a reduziert werden, was noch nicht dem Zielwert entspricht. Eine Ursache dafür lag in den schlechten Wirkungsgraden der installierten neuen Verdichtungsanlagen für die A-B-Stufe. Im Basisjahr wurden für die Belüftung ca. 700.800 kWh/a benötigt. Im Jahr 2015 waren es 999.847 kWh/a nach der Installation der neuen Verdichtungsanlagen. Im Jahr 2016 konnte nur deshalb der Stromeinsatz auf 805.181 kWh/a reduziert werden, weil ein „alter“ Verdichter zugeschaltet wurde. Hier gibt es zukünftig noch Potenzial zur weiteren Energiereduzierung.

Die Erhöhung der Gasproduktion konnte im Projekt bisher nicht erreicht werden. Diese lag im Jahr 2010 bei 29,8 l/EW*d und im Jahr 2016 bei nur 20,6 l/EW*d. Die Gründe für die Minderung konnten nicht dargestellt und müssen im Einzelnen überprüft werden.

Der CO₂-Emissionseintrag wurde im Jahr 2016 durch die Reduzierung des Stromverbrauches um 8,66 kg CO₂/EW*a bzw. 486 t CO₂/a. gemindert.

Durch die Investitionen wurde eine jährliche Ersparnis zum Basisjahr 2010 in Höhe von ca. 110.000 € erreicht. Dies entspricht einer Amortisationszeit von ca. 21 Jahren ohne Berücksichtigung der Fördermittel. Bei Berücksichtigung der Fördermittel liegt die Amortisation bei ca. 14 Jahren.

Ausblick

Die Implementierung des EssDE[®] (A-B-Verfahren) und die Deammonifikation im Nebenstrom führt zu Energiereduzierungen in der Abwasserbehandlung. Diese erfordern jedoch einen höheren Aufwand an Überwachung (Online, Labor, Bilanzen) und eine verbesserte Automatisierung.

Ein Problem kann die Beschaffung der nötigen Biomasse für das DEMON-Verfahren sein. Zur Inbetriebnahme solcher Anlagen empfiehlt es sich die erforderliche Gesamtbiomasse (kg oTS/kg NH₄-N) zuzugeben und nicht mit Zuwächsen in der Anlage selbst zu kalkulieren.

Der Einsatz der Deammonifikation im Hauptstrom für Kläranlagen wurde noch nicht nachgewiesen. Da der Förderzeitraum bereits überschritten ist, wurde in Abstimmung mit dem Fördergeber das Vorhaben abgeschlossen. Das Projekt wird jedoch durch den TAZV weitergeführt.

6. Literaturverzeichnis

Quelle: cyklar-stulz GmbH. (2011).

Quelle: STULZ-PLANAQUA GmbH. (2011).

Quelle: CO₂-Emission (<http://www.swehst.de/start/huettestrom/energiemix.html>); Stand 01.11.2016