

Reinigung der Abwässer einer mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlage (MBA) und Deponie (DSW) mit der FlocFormer-Technologie

Fallbeispiel, Testergebnisse,
Anlagenschema und ökonomischer
und ökologischer Nutzen

Einleitung

Die Mechanisch-Biologische Aufbereitungsanlage (MBA) eines Abwasserzweckverbandes X schlägt Wasser zur hydraulischen Entlastung des Systems zur dortigen Deponiesickerwasserkläranlage ab. Das relativ hoch belastete Wasser verursacht Betriebsstörungen, insbesondere in den nachgeschalteten Filtrationsstufen, der Sickerwasserkläranlage. Im derzeitigen Status der Anlage können max. 1,5 m³/h MBA-Abwasser behandelt werden. Es soll geprüft werden, welche Kosten die Erweiterung der Deponiesickerwasserkläranlage um eine chemisch/physikalische Reinigungsstufe nach dem aquen-(FlocFormer)-Verfahren verursacht. Die Funktionsfähigkeit des Verfahrens wurde seit mehreren Betriebsjahren auf der Deponiesickerwasserkläranlage des Landkreises Osterode in Hattorf im großtechnischen Versuch und in fester Installation nachgewiesen. Die Anlage steht als Referenz zur Besichtigung zur Verfügung.

1. Fallbeispiel: Analyse der Grundlagen aus den durchgeführten Versuchen sowie der vorhandenen Untersuchungen

Folgende Grenzwerte müssen von der Deponiesickerwasserkläranlage X als Indirekteinleiter eingehalten werden:

CSB	400 mg/l
NH ₄ -N	50 mg/l
Quecksilber	0,05 mg/l
Cadmium	0,1 mg/l
Chrom	0,5 mg/l
Nickel	0,5 mg/l
Blei	0,5 mg/l
Kupfer	0,5 mg/l
Zink	2,0 mg/l
Chrom (VI)	0,1 mg/l
Cyanid leicht freisetzbar	0,2 mg/l
AOX	0,5 mg/l

Anfang.2012 wurde mit Abwasser der Deponiesickerwasserkläranlage X auf der vorhandenen Installation der Deponiesickerwasserkläranlage Hattorf ein großtechnischer Versuch mit dem biologisch vorgereinigten Deponiesickerwasser (DSW) gefahren.

Das Mischungsverhältnis im Zulauf der Deponiesickerwasserkläranlage betrug zu diesem Zeitpunkt 1,5 Teile DSW zu 1 Teil MBA Abwasser. Der CSB-Konzentration lag bei 1254 mg/L.

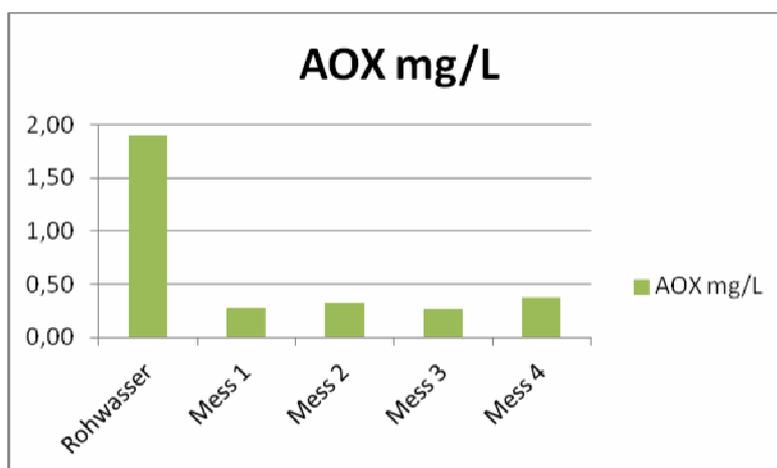
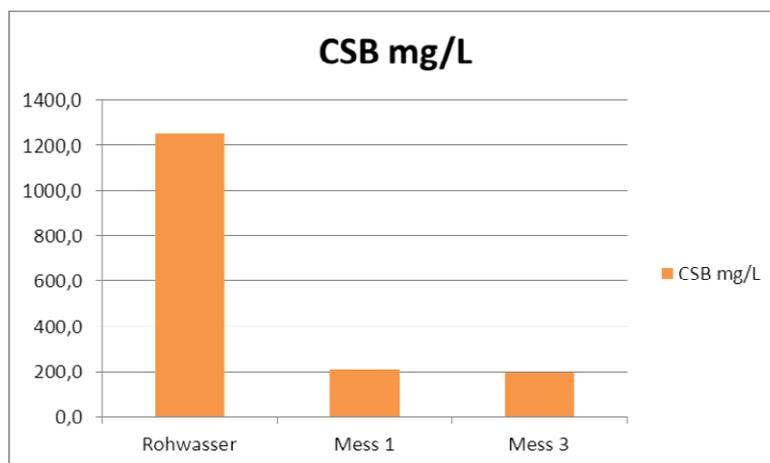
In Hattorf wurde das Abwasser in der bestehenden Anlage mit einem Volumenstrom von 2 m³/h (Mess 1, Mess 2) und dann mit 3 m³/h (Mess 3, Mess 4) behandelt.

Ergebnis: Das so behandelte Rohwasser war nach der Behandlung von der Güte so qualifiziert, dass für die gemessenen Parameter eine Indirekteinleitung möglich ist.

Die folgenden Tabellen und Grafiken geben einen Überblick über die Zusammensetzung des Rohwassers der Testdeponie und den Ablaufwerten aus den Filtrationsstufen in der bewährten Installation Hattorf während des Versuchs.

	Volumenstrom	CSB	TOC	DOC	NH ₄ -N	Cl	AS	AOX	pH	Leitf.
	m ³ /h	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mS/cm
Rohwasser		1254,0	500,0	400,0	173,0	5660,0	87,0	1,90	8,2	8,8
Mess 1	2	211,5	94,0	68,0	4,5	6010,0	68,0	0,28	5,9	9,4
Mess 2	2		90,0	61,0	2,3	6480,0	46,0	0,33	5,4	10,1
Mess 3	3	195,5	97,0	67,0	2,1	6270,0	32,0	0,27	5,4	9,8
Mess 4	3		97,0	64,0	2,2	6360,0	28,0	0,38	5,4	9,9

(Anmerkung: Der hohe Ammonium Wert im Rohwasser ist nicht zu erklären, da die biologische Vorbehandlung einen nahezu vollständigen Abbau der Stickstoffverbindungen gewährleistet.)



2. Erarbeitung eines Planungskonzepts für das Deponiesickerwasser und das Prozesswasser der Deponie/MBA X

Nach der biologischen Vorbehandlung beinhaltet das Deponiesickerwasser nur noch Schadstoffe, die biologisch nicht abgebaut worden sind. Der Schadstoff mit der höchsten Konzentration im Zulauf zur Chemisch-Physikalischen Behandlung ist der biologisch nicht abgebaute oder nicht abbaubare CSB. Dieser beträgt je nach Sickerwasserzusammensetzung zwischen 30% und 70% des ursprünglichen CSB.

Aufgabe: Mit der zu konzipierenden Chemisch-Physikalischen Behandlung und der nachfolgenden Aktivkohlestufe muss das Deponiesickerwasser ökonomisch so weitreichend behandelt werden, dass die Indirekteinleiter-Grenzwerte unterschritten werden.

Referenzanlage: Vor fünf Jahren wurde die Deponiesickerwasserkläranlage Hattorf grundlegend saniert. Neben der Ertüchtigung der Biologie wurde erstmalig ein neuartiges Verfahren zur Fällung/Flockung von Deponiesickerwasser eingesetzt. Das neu entwickelte Flockungssystem „FlocFormer“ in Verbindung mit einem einfachen Scheibeneindicker als Trennverfahren zur Reduzierung des CSB hat bewiesen, dass es betriebswirtschaftlich sehr günstig und verfahrenstechnisch sicher ist. Der FlocFormer dient der Ausprägung einer speziellen Flockenstruktur während des Flockungsvorganges. Dadurch ist es möglich einen großen Anteil der Schadstoffe in den Flocken zu binden und somit mechanisch leichter separierbar zu machen.

Der Einsatz des FlocFormers bedingt zwei Effekte, die zu einer Senkung der Betriebskosten führen:

1. Der eigentliche CSB-Trennprozess kann durch eine technisch einfache Schwerkraftfiltration erfolgen. Die CSB Elimination muss nicht mehr in der vorgeschalteten Biologie erfolgen.
2. Die CSB-Trennleistung könnte durch den Einsatz des FlocFormers deutlich verbessert werden. Die nachfolgende Aktivkohlestufe könnte um bis zu 90% entlastet werden.

Nach dem Scheibeneindicker ist ein Bandfilter vorgesehen, der mit einem sehr engmaschigem Filtermedium ausgestattet mögliche verbliebene Schwebstoffe aus dem DSW- und MBA-Abwasser-Gemisch entfernt. Nach der mechanischen Filtration der Sickerwasserschadstoffe schließt sich ein Aktivkohle-Adsorptionsverfahren an. Im Falle der vollständigen Adaption und Effizienz der eingesetzten flockungs-initiierten Trennverfahren reduziert sich die Funktion der Aktivkohlestufe für den Parameter CSB auf einen Polzeifilter.

Die zu planende chemisch-physikalische Reinigungsstufe ist der vorhandenen Biologie nachgeschaltet. Limitierende Faktoren für Fracht und Volumenstrom ergeben sich aus den Grundauslegungsdaten der Bestands-Anlage. Diese sind:

Q:	260 m ³ /d
BSB ₅ :	300 kg/d
CSB:	1000 kg/d
NH ₄ -N:	230 kg/d
AOX:	0,8 kg/d

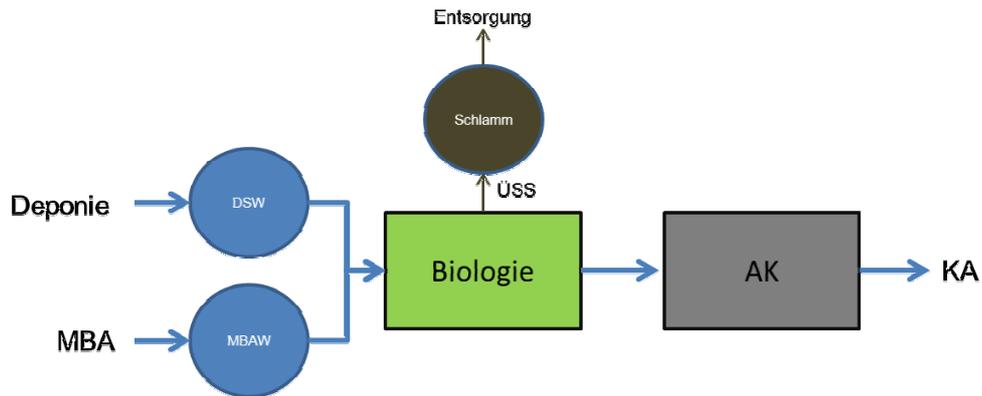
Im Folgenden werden Daten zusammengefasst, die im Normalbetrieb der Sickerwasserkläranlage gewonnen wurden. Die Daten aus Anfang 2012 repräsentieren den Anlagenbetrieb mit einem Zulauf ausschließlich aus DSW. Die Daten aus Ende 2011 repräsentieren einen Zulauf von DSW- und MBA-Abwasser im Verhältnis 1:1. Parallel wird die prozentuale nominelle Auslastung der Anlage berechnet.

Signifikant ist, dass die Stickstoffkomponenten bei beiden Belastungen sehr weitreichend abgebaut werden. Jedoch steigt der Rest-CSB nach der Biologie um mehr als den Faktor 2 bei Zulauf des MBA-Abwassers an. Dies führte Ende 2011 dazu, dass die Adsorptionsleistung der AK überschritten wurde und das behandelte Wasser zum Teil nicht abgegeben werden durfte.

		Zulauf DSWK									
	Zeitraum	Misch- Verhältnis	Volumenstrom	CSB	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Cl	BSB ₅ -Oxi	pH	Leitf.
		DSW/MBA	m ³ /h	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
ohne MBA	Feb 12	01:00	4,5	1364	426	107	2,21	932	102,5	8,22	8,8
Auslastung			41,5%	14,7%	20,0%				3,7%		
mit MBA	Nov 11	01:01	3	3397	891	17,95	8,12	2427	265	8,36	16,2
Auslastung			27,7%	24,5%	27,9%				6,4%		

		Abl. Kiesfilter	Ablauf Aktivkohlefiltration (AK)						
	Zeitraum	CSB	CSB	NH ₄ -N	PO ₄ -P	BSB ₅ -Oxi	pH	Temp.	Leitf.
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		°C	mS/cm
ohne MBA	Feb 12	593	116	0	0,18	3,3	8	16,63	4,51
Auslastung									
mit MBA	Nov 11	1345	478	0,17	1,8	19,78	8,4	23,8	9,35
Auslastung									

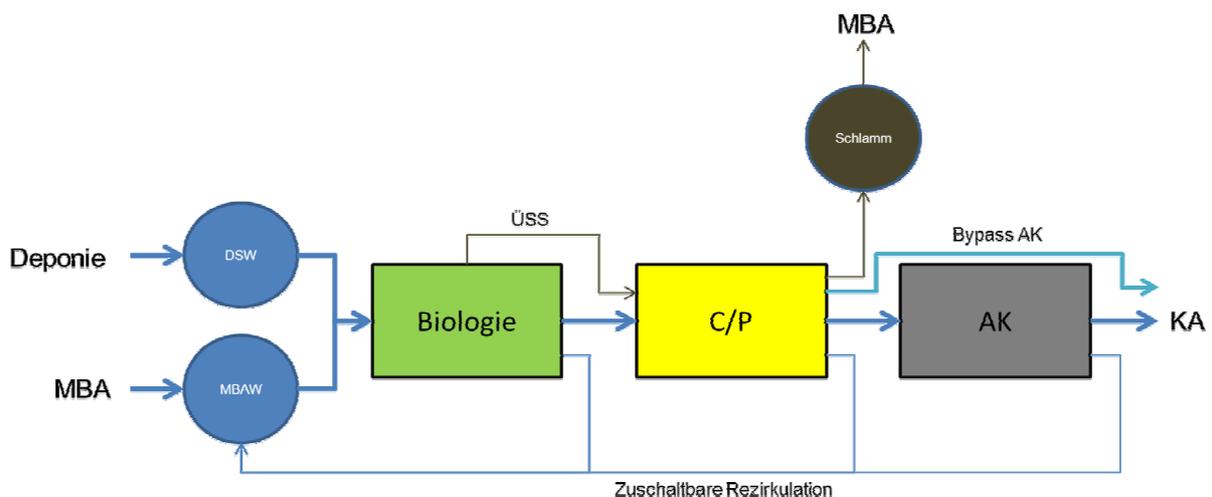
Wesentliche Volumenströme Bestand



Da in Zukunft der Zulauf an DSW sinkt, wird dementsprechend der Anteil des stärker belasteten MBA Abwassers steigen. Die folgende Tabelle gibt die gemittelte Belastung des MBA-Abwassers im Zeitraum Juni 2011 bis März 2012 wieder. Da die Konzentration von Ammonium Stickstoff sehr hoch ist, wird die Nitrifikation der Sickerwasserkläranlage inhibiert werden.

Aus diesem Grund muss das zu behandelnde Abwasser sehr wahrscheinlich verdünnt werden. Für die ergänzende Anlagentechnik werden Rezirkulationsleitungen für das abgereinigte Sickerwasser vorgesehen.

Wesentliche Volumenströme incl. der Erweiterung



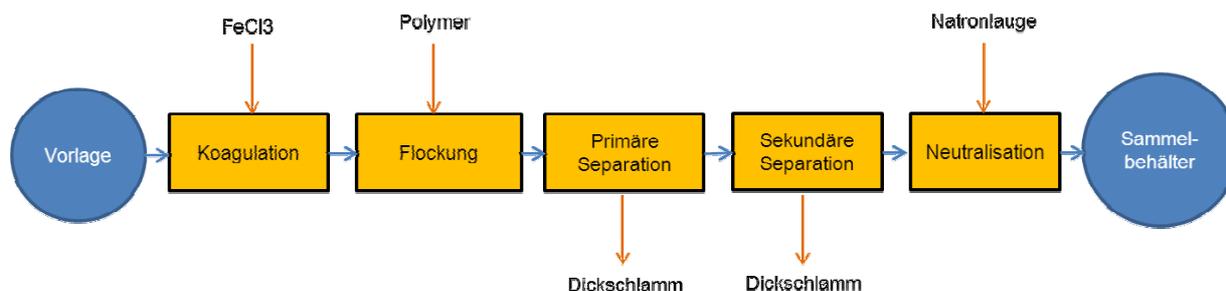
Die folgende Tabelle zeigt die Analysewerte für das abgegebene Abwasser der MBA für den Zeitraum Juni 2011 bis März 2012 sowie für Mischungsverhältnisse 2 Anteile MBA-Abwasser und 1 Anteil unbelastetes Rezirkulat und 1 Anteil MBA-Abwasser und 1 Anteil unbelastetes Rezirkulat. Als Gesamtvolumenstrom werden 8 m³/h angenommen. Aufgrund der hohen Stickstofffracht ist eine Verdünnung nötig, da sonst die Auslegungsdaten der Biologie überschritten werden. Auch der prozentuale Anteil der Auslastung der Biologie ist dargestellt.

Hochrechnung		Zulauf DSWK									
	Zeitraum	Misch- Verhältnis	Volumenstrom	CSB	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Cl	BSB ₅ -Oxi	pH	Leitf.
		DSW/MBA	m ³ /h	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mS/cm
Zulauf aus MBA	Jun 11- Mrz 12	unverdünnt	8	5659,0	1612,0	24,3	14,0	3922,0	427,5	8,7	23,8
			73,8%	108,7%	134,6%				27,4%		
		2:1 V-Wasser	8	3772,7	1074,7	16,2	9,4	2614,7	285,0	5,8	15,9
			73,8%	72,4%	89,7%				18,2%		
		1:1 V-Wasser	8	2829,5	806,0	12,1	7,0	1961,0	213,8	4,4	11,9
			73,8%	54,3%	67,3%				13,7%		

3. Aufstellen eines Funktionsschemas und Anlagenbeschreibung

Die zu installierende Anlagentechnik agglomeriert und flockt die Inhaltsstoffe des Prozesswassers aus und separiert danach die vorhandenen abfiltrierbaren Stoffe.

Grundlegendes Funktionsschema



Die dargestellten Komponenten haben folgende Funktion:

Koagulation

In dieser Stufe wird durch Eisenchlorid eine elektrische Destabilisierung des biologisch vorbehandelten Deponiesickerwassers durchgeführt. Durch die Destabilisierung erfolgt eine Fällung von organischen Stoffen, die zu einer CSB- und AOX-Reduzierung führt, es bilden sich Mikrofloken. Das Eisenchlorid bewirkt eine Absenkung des pH-Wertes, der als Regelgröße genutzt werden kann.

Flockung

Durch Zugabe von Flockungshilfsmitteln (synthetischen Polymeren) werden die gebildeten Mikrofloken zu stabilen Makrofloken geformt. Es bilden sich zwei Phasen aus; die fest- und schadstoffhaltige Flokenstruktur und die relativ klare Restflüssigkeit. Durch den zielgerichteten Aufbau der Flokenstruktur wird das nachfolgende Separationsverfahren deutlich verbessert.

Primäre CSB Separation

Durch eine mechanische Separation in Form eines Siebes werden die stabilen Flokenstrukturen von der Restflüssigkeit getrennt.

Sekundäre CSB Separation

Durch eine weitere, sehr feine Nachsiegung wird nochmals agglomerierter Feststoff aus der Klarphase abgetrennt. Dieser Filter hat vornehmlich eine Schutzfunktion für die nachfolgende Aktivkohle-Adsorption.

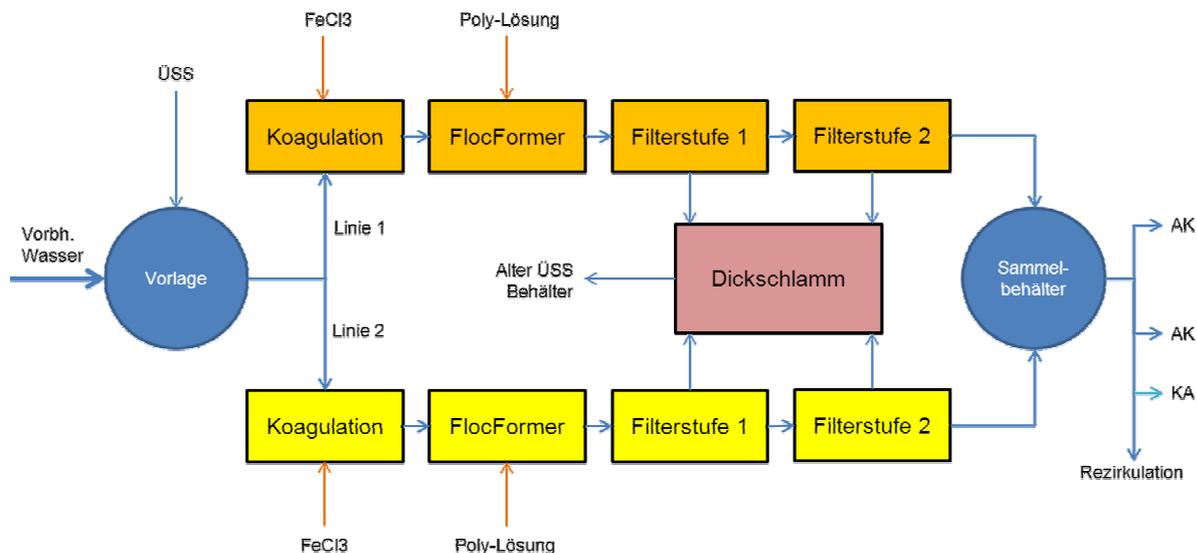
Neutralisation

Nach der mechanischen Trennung erfolgt die Neutralisation des behandelten Gemischs aus Deponiesickerwasser und Prozessabwasser MBA mittels Lauge auf einen pH-Wert um 6,5. Dies geschieht durch Zugabe von Natronlauge (50 %ige NaOH).

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und um flexibel auf Volumenstromänderungen reagieren zu können, wird die Anlage redundant mit zwei Prozesslinien geplant. Die hydraulische Belastung der Anlage orientiert sich am maximalen, nominellen Volumenstrom von 260 m³/d für die Biologie. Dies entspricht einem rechnerischen Volumenstrom von 10,83 m³/h. Da zusätzlich auch der anfallende Überschussschlamm in der Anlage behandelt werden soll, wird die Anlage für eine hydraulische Belastung von max. 12 m³/h d.h. zwei mal 6 m³/h ausgelegt. Der Anfall an Überschussschlamm beträgt durchschnittlich 160 l/h.

Somit entwickelt sich folgender Aufbau:

Erweiterung Chemisch-Physikalische Stufe



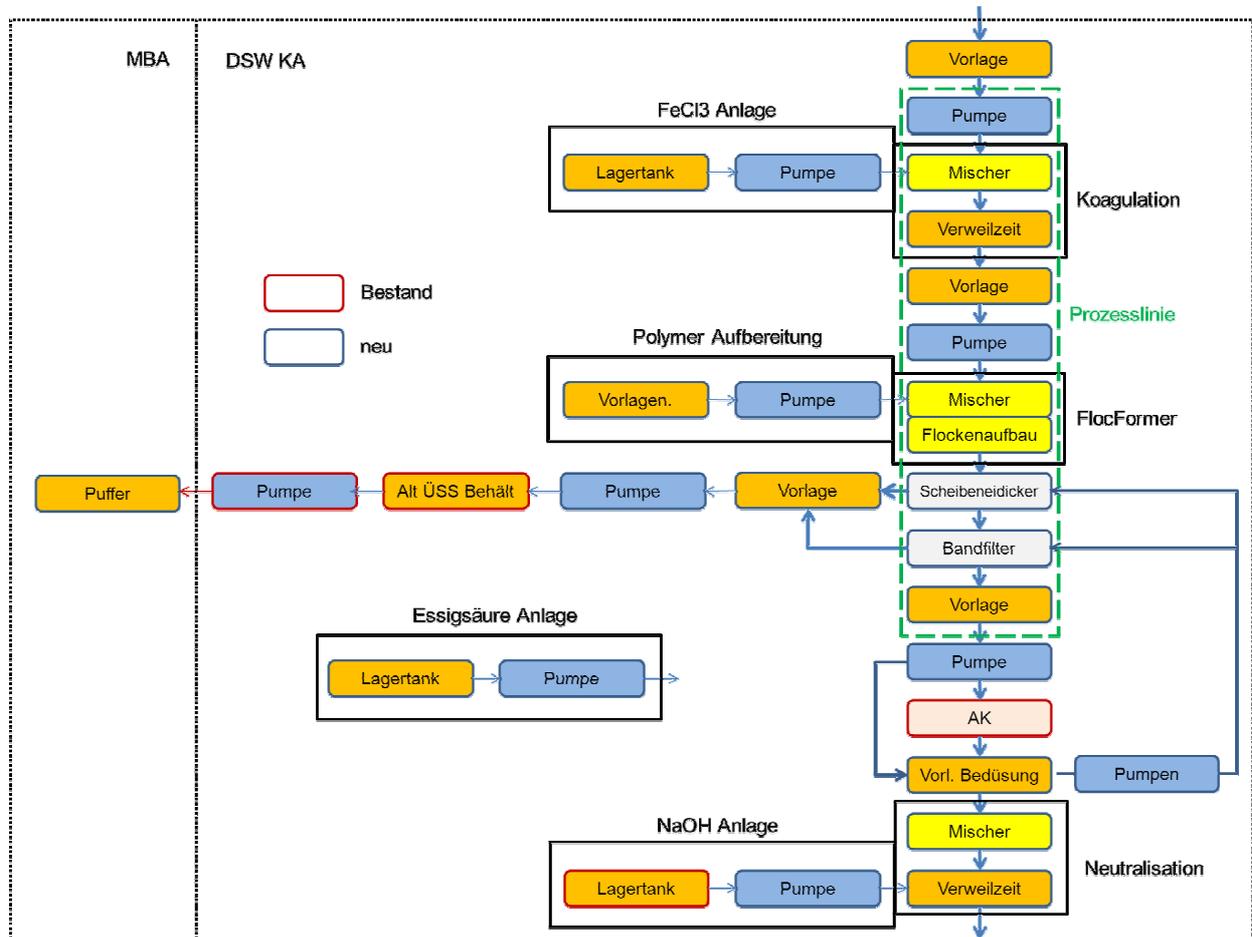
Es ist geplant die Flockungs- und die Filterstufen auf einer erhöhten Stahlbau-Ebene zu montieren. Somit kann das geflockte Abwasser im freien Gefälle durch die Aggregate fließen und die Flocken werden der geringsten Scherung ausgesetzt. Unter der Ebene können die kleineren Vorlagen und Sammelbehälter platziert werden.

Zur Versorgung der Fällungsstufe wird ein 30 m³ fassender Lagertank mit Peripherie für FeCl₃ geplant. Das Polymer wird in einer Aufbereitungsanlage in eine einsatzfähige Konzentration gebracht. Hier ist ein 2-Kammer Ansatzsystem geplant. Für die Natronlauge werden bestehende Chemikaliertanks auf der Sickerwasserkläranlage genutzt. Der bestehende Natronlaugebehälter soll durch Umbau mit dem alten Lagertank für Essigsäure verbunden werden. Die Befüllung des Essigsäuretanks mit Tankfahrzeugen ist aufgrund seiner zu geringen Kapazität (10 m³) unwirtschaftlich. Aus diesem Grund wird im neuen Anlagenteil ein 30 m³ Lagertank mit Peripherie für Essigsäure geplant. Somit ist für die Zukunft sicher gestellt, dass die Befüllung der Tanks für die Hauptchemikalien Essigsäure, Eisen-3-Chlorid und Natronlauge kostengünstig durch die Abnahmemengen von ganzen Tanklastzügen erfolgen kann.

Der anfallende Schlamm aus den Scheibeneindickern und Bandfiltern rutscht aus den Maschinen in einen Sammelbehälter und wird von dort in das alte Stapelbecken für Überschussschlamm der Kläranlage. Von dem Stapelbehälter wird der Schlamm über eine Bestandsleitung zur MBA gefördert. Die Abnahmestelle sollte von Seiten der MBA noch mit einem Puffertank verbunden werden, von dem aus der

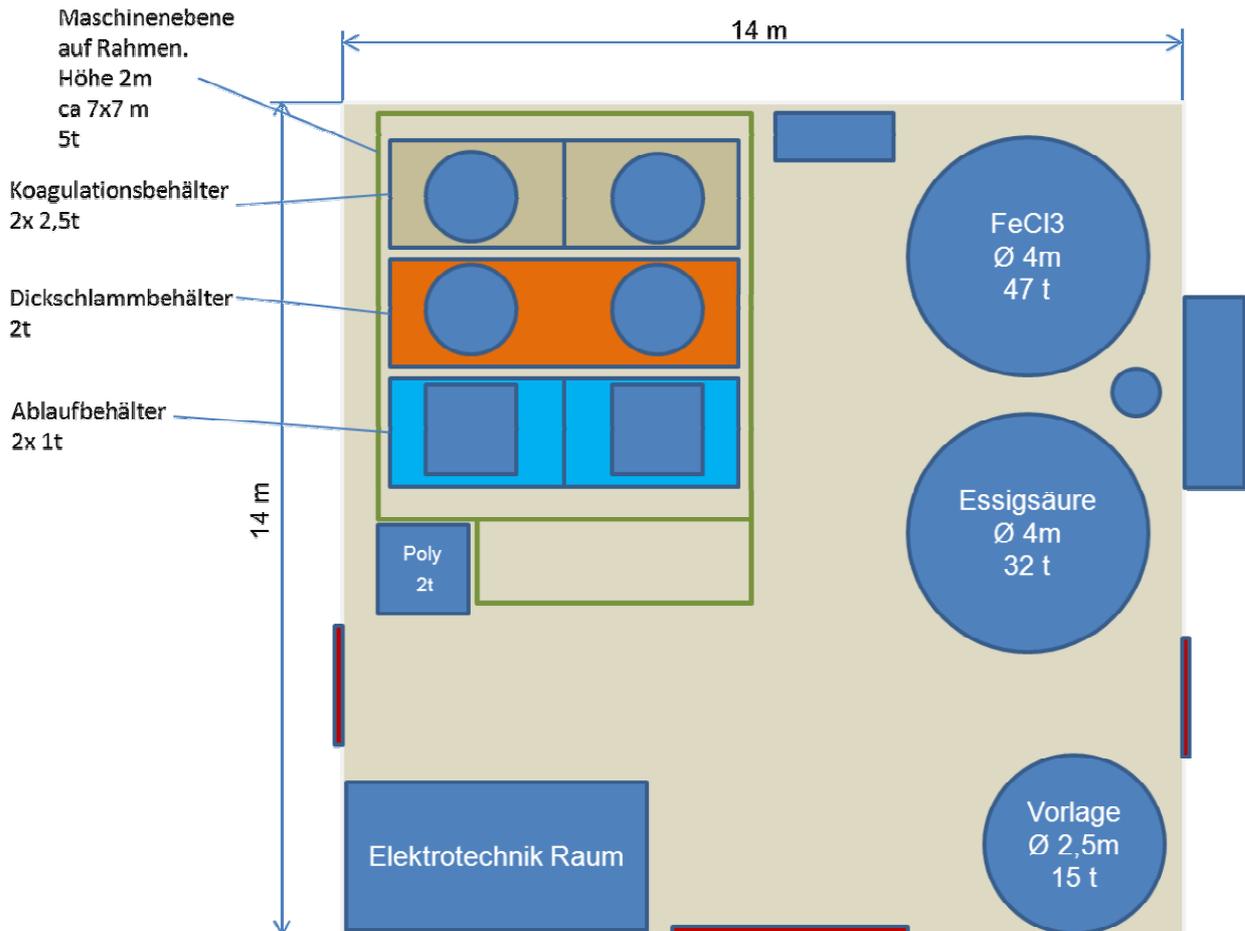
Prozessschlamm kontinuierlich den bestehenden Dekantern zugeführt werden kann. Es wird mit einem Schlammaufkommen von bis zu 5 m³/d gerechnet.

Im folgenden Fließbild ist die Gesamtanlage mit Peripherie, jedoch der Übersicht halber nur mit einer Prozesslinie, dargestellt. Geplant sind zur Sicherheit jedoch zwei redundante Prozesslinien.



Die Erweiterungshalle für die Chemisch-Physikalische Stufe kann an die bestehende Halle angebaut werden. Die Anlieferung der Chemikalien kann problemlos über eine kurze Verlängerung der äußeren Zufahrtsstraße erfolgen. Der Raum für Elektrotechnik sollte von der Hallenatmosphäre getrennt sein.

Aufstellungsschema



4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Kostenschätzung für die Prozess- und Anlagentechnik / Betriebskosten (Energieverbrauch, Hilfsmittel)

Ermittlung der spezifischen Behandlungskosten

Zur Beurteilung der Aktivkohlestufe wurde der Betrachtungszeitraum 01.01.2008 bis zum 31.07.2008 gewählt. In diesem Zeitraum wurde ausschließlich Deponiesickerwasser, ohne MBA Anteil, behandelt.

Leistungsdaten für den Betrachtungszeitraum:

Behandeltes Volumen:	32.769 m ³
Gesamtabreicherung CSB:	17.728 kg
AK-Verbrauch:	50.400 kg
Durchschnitt. AK Beladung:	0,35 kg CSB/ kg AK
Kosten AK:	1,15 €/kg
Spez. Kosten AK:	3,28 €/kg CSB
	1,77 €/m ³

D.h. bisher konnte das DSW (ohne MBA) in der AK für ca. 1,77 €/m³ behandelt werden.

Seit in der Sickerwasserkläranlage zusätzlich MBA Abwasser behandelt wird, ist eine Erhöhung der biologisch nicht abbaubaren CSB Fracht festgestellt worden. Für die in Kap. 2 dargestellten Zeiträume stieg die CSB Konzentration im Zulauf der AK durch das MBA Abwasser bei einem Mischungsverhältnis 1:1 von 593 mg/L auf 1345 mg/L an. Diese Konzentration und der Abtrieb von abfiltrierbaren Stoffen aus der Biologie führt auf der Deponiesickerwasserkläranlage zu Problemen mit dem Sandfilter und der nachgeschalteten Aktivkohlestufe.

Für die Zukunft, und den sich weiter ändernden Zulaufverhältnissen, ist im Vergleich zu den Werten ohne MBA Abwasser wenigstens von einer 2,5 -3 fach höheren biologisch nicht abbaubaren CSB Konzentration auszugehen. Einher mit der Erhöhung dieser Konzentration geht ein weiter erhöhter Abtrieb der partikulären Bestandteile aus der Biologie.

D.h. als theoretischer Wert der spezifischen Behandlungskosten für die Zukunft ist in der bestehenden Aktivkohlestufe von ca. **5,30 €/m³** auszugehen.

Im Demonstrationsversuch auf der Kreismülldeponie des Landkreises Osterode in Hattorf wurde für die Koagulation FeCl₃ und für die nachfolgende Flockung Polymer verwendet. Der Verbrauch von FeCl₃ lag bei ca. 3,7l/m³ Abwasser. Der Polymerverbrauch lag bei ca. 6,5l Ansatzlösung pro m³.

Daraus entwickelt sich:

Verbrauch FeCl ₃ :	3,7 l/m ³
Kosten FeCl ₃ :	0,24 €/l (0,17 €/kg)
Spezifische Kosten FeCl ₃ :	0,89 €/m ³
Spezifische Kosten Polymer:	0,04 €/l (analog Verbrauch Hattorf)

Somit betragen die spezifischen Behandlungskosten in der chemisch-physikalischen Behandlungsstufe **0,93 €/m³**.

Im Folgenden werden die spezifischen Behandlungskosten für die beiden betrachteten Verfahren (vorher – nachher) ermittelt.

Behandlungsvolumen				
				10 m ³ /h
				240 m ³ /d
				87600 m ³ /a
Verbräuche der chemisch-physikalischen Behandlung				
	FeCl ₃			0,89 € /m ³
	Polymer			0,04 € /m ³
	NaOH			0,13 € /m ³
	AK (Polzeifilter)			0,20 € /m ³
	Strom	36 kWh (x0,66	23,76 kWh	
			2,376 kW/m ³	
			0,18 €/kW	0,43 € /m ³
Variable Behandlungskosten:				1,69 € /m³
Jährliche variable Behandlungskosten				147.840,77 € /a
Vergleich zur hypothetischen AK-Behandlung				
Variable Behandlungskosten:				5,30 € /m³
Jährliche variable Behandlungskosten				464.280,00 € /a
Differenz der Behandlungskosten				316.439,23 € /a

Der derzeitige grenzwertige Betrieb der Deponiesickerwasserkläranlage mit 1,5 m³/h MBA-Abwasser verursacht in der Aktivkohlestufe kalkulatorische Kosten von ca. 4,00 €/m³. Wahrscheinlich ist der tatsächliche Wert aber höher, da die Kapazität der Aktivkohle aufgrund von Verblockungen durch Feststoffe nicht mehr erreicht werden kann.

Die Erweiterung der Anlage durch eine chemisch-physikalische Stufe ermöglicht die Behandlung des MBA Prozesswassers auf der Deponiesickerwasserkläranlage. Die jährlichen Einsparungen im Vergleich zur (nicht funktionierenden) reinen Aktivkohle-Adsorption sind mit über 310.000 € beträchtlich.

Der ökonomische Nutzen: Bei prognostizierten Investitionskosten (Prozesstechnik) von ca. 375.000 € beträgt die Amortisationszeit etwas über 1 Jahr, bei einer redundant gebauten Anlage mit 2 parallelen Prozessstrecken (wie im Beispiel) etwas über 2 Jahre.

Unschätzbar, auch mit Blick auf steigende Umweltrestriktionen, sind die ökologischen Vorteile einer sicheren Abtrennung.

Zum Abschluss eine plakative Gegenüberstellung/Verfahrensvergleich der Deponiesickerwasserkläranlage Hattorf (vorher/nachher):

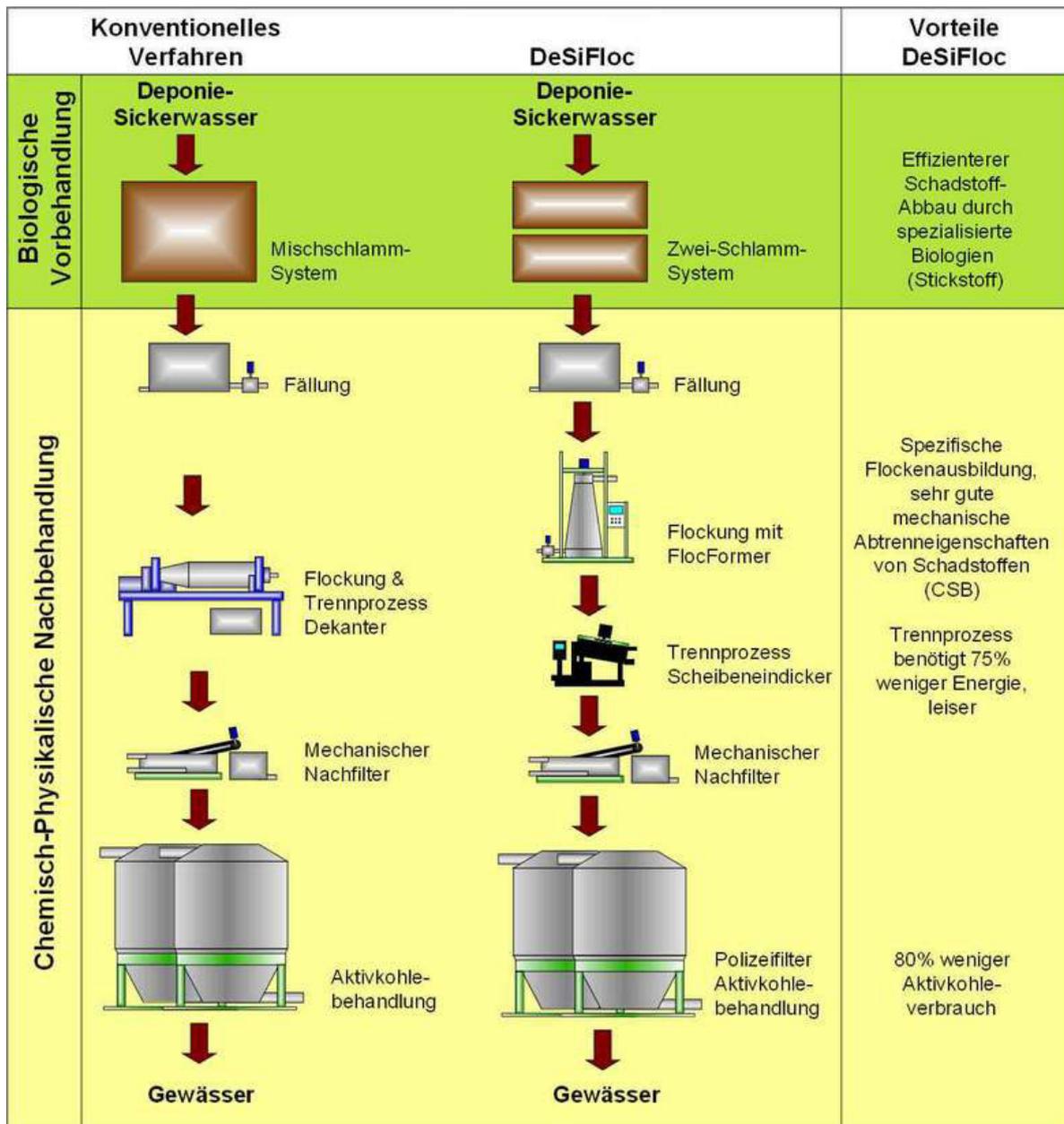
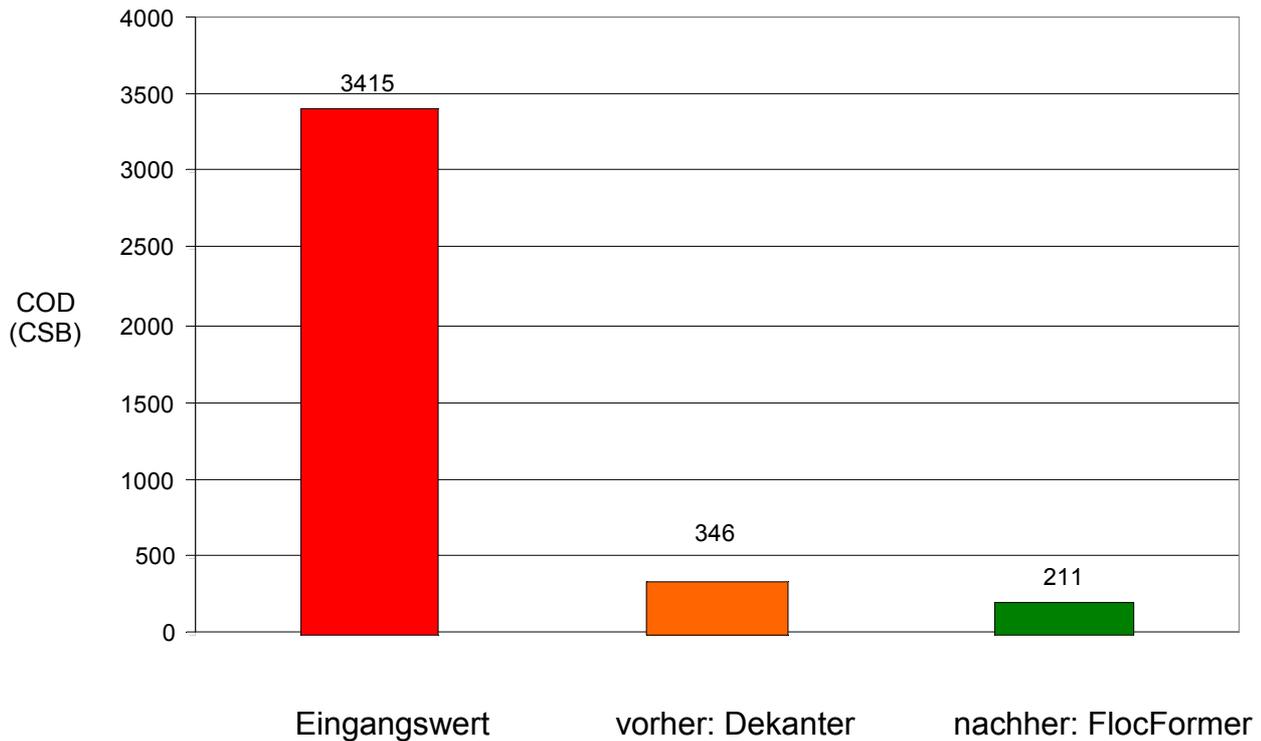


Abbildung Anlageninstallation Hattorf:



Ergebnisse der Anlage Hattorf (vorher/nachher):



Wie vor beschrieben vermitteln wir Ihnen gerne und unverbindlich einen Testlauf mit Ihrem Abwasser in der Sickerwasserkläranlage Hattorf (FlocFormer-Verfahren).