

# **Neue Abwasserreinigungsanlage in einem Textilbetrieb**

## **Verfahren und Wirtschaftlichkeit**

**Vortrag bei der Informationsveranstaltung  
„Neue gesetzliche Regelungen im Umweltbereich“  
des Verbandes der Nord-Ostdeutschen  
Textil- und Bekleidungsindustrie e.V.  
am 6.November 2001**

**von  
Dipl.-Ing. Udo Bäuerle  
INGENIEURBÜRO BÄUERLE & PARTNER  
Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft  
und Umweltschutz  
Sebastian-Merkle-Str. 6  
73479 Ellwangen**

**Tel.: 0049 7961 / 53 402 Fax: 42 99  
eMail Baeuerle.Ing-Buero@t-online.de**

### **Vorstellung INGENIEURBÜRO BÄUERLE & PARTNER**

Das Ingenieurbüro Bäuerle & Partner ist ein Beratendes Ingenieurbüro, das Ingenieurleistungen unabhängig von Lieferinteressen in den Bereichen kommunaler wie industrieller Abwasserreinigung, Abwasserableitung und Wasserbau erbringt. Beginnend von den zuerst erforderlichen Variantenuntersuchungen über die Planungsleistungen bis zum genehmigungsfähigen Entwurf sowie Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung und Inbetriebnahme der Anlage werden diese Leistungen von uns erbracht. Jedoch werden von einem unabhängigen Ingenieurbüro keine Anlagen verkauft.

## **Problematik Industrieabwasser**

Textilveredlungsbetriebe sind durch einen starken Abwasseranfall mit einer breiten Palette von Abwasserinhaltsstoffen gekennzeichnet. Das Abwasser kann dabei, wie in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt, charakterisiert werden.

Tabelle 1

### **Kennzeichen von Industrieabwasser (Textilabwasser)**

- einseitige Zusammensetzung  
entweder Nährstoffmangel oder Überangebot eines Nährstoffs
- höhere Konzentrationen wie kommunales Abwasser
- diskontinuierlicher Anfall mit starken Schwankungen der Konzentrationen
- häufig extreme pH-Werte mit starken Schwankungen
- wesentlich höhere Temperaturen
- Farbigkeit
- individuelles Abwasser jedes Betriebs

Typische Konzentrationen für Textilabwasser im Vergleich zum kommunalen Abwasser sind:

Tabelle 2

<b>Parameter</b>	<b>Textilabwasser</b>	<b>Kommunales Abwasser</b>
CSB	1 000 mg/l	450 mg/l
BSB <sub>5</sub>	325 mg/l	225 mg/l
N <sub>ges</sub>	8 mg/l	35 mg/l
P	2,5 mg/l	6 mg/l
CSB/BSB <sub>5</sub>	3	2
N/BSB <sub>5</sub>	0,02	0,16
Farbigkeit		
Gelbbereich 436 nm	15 m <sup>-1</sup>	1 m <sup>-1</sup>
Rotbereich 525 nm	13 m <sup>-1</sup>	0,5 m <sup>-1</sup>
Blaubereich 620 nm	12 m <sup>-1</sup>	0,5 m <sup>-1</sup>
Temperatur	20 - 42 °C	6 - 16 °C
Anfall	5,5 – 6 Tage in der Woche über 24 h (3-Schichtbetrieb)	Tagesganglinie 7 Tage in der Woche

Traditionell ist die Mitreinigung von Abwässern der Textilindustrie in einer kommunalen Kläranlage üblich. Als Hauptargument für die gemeinsame Behandlung gelten die gegenseitige Ergänzung an Nährstoffen und die wirtschaftlichen Vorteile bei der Realisierung einer gemeinsamen Anlage. Bei den hohen Kosten, die sich zum Beispiel in den "Neuen Bundesländern" für die Kanalnetze zur Sammlung der kommunalen Abwässer ergeben haben, trifft dies jedoch häufig nicht mehr zu. Im praktischen Betrieb ergeben sich häufig auch viele Probleme, wie z.B. unterschiedliche Anforderungen und damit strengere Grenzwerte als bei Direkteinleitung, Temperatur- und Belastungsschwankungen, weiterhin erforderliche separate Vorreinigungsanlagen, etc. Deshalb muss sich jeder Textilbetrieb, bei dem in grösseren Mengen Abwasser anfällt, Gedanken machen, ob der Anschluss an die kommunale Abwasserreinigungsanlage die günstigste Lösung ist oder ob nicht evtl. eine eigene betriebliche Abwasserreinigung verfahrenstechnische und wirtschaftliche

Vorteile bietet. Dazu sind im Vorfeld Variantenuntersuchungen und die kostenmässige Gegenüberstellung von Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten der beiden Möglichkeiten notwendig.

### Anforderungen

Wird vom Gesetzgeber für das höher verschmutzte Textilabwasser die gleiche Ablaufqualität wie für kommunales Abwasser verlangt, ist dies nur mit einem hohen, meist unwirtschaftlichen Aufwand möglich. Der Gesetzgeber in Deutschland hat diese Unterschiede berücksichtigt und für kommunales Abwasser und Textilabwasser bei Einleitung in ein Gewässer unterschiedliche Grenzwerte festgelegt. Sie sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3

### **Wasserrechtliche Grenzwerte**

		Kommunale Einleiter nach Anhang 1	Direkteinleiter Textilindustrie nach Anhang 38	Einheit
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	<b>90</b>	<b>160</b>	mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf	BSB <sub>5</sub>	<b>20</b>	<b>25</b>	mg/l
Ammonium Stickstoff	NH <sub>4</sub> - N	<b>10</b>	<b>10</b>	mg/l
Gesamtstickstoff	N <sub>ges</sub>	<b>18</b>	<b>20</b>	mg/l
Phosphor	P	<b>2</b>	<b>2</b>	mg/l
Sulfit			<b>1</b>	mg/l
Fischgiftigkeit			<b>2</b>	G <sub>F</sub>
Färbung Gelbbereich	436 nm		<b>7</b>	m <sup>-1</sup>
Rotbereich	525 nm		<b>5</b>	m <sup>-1</sup>
Blaubereich	620 nm		<b>3</b>	m <sup>-1</sup>

## Verfahren

Für die Reinigung von Abwässern stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Prinzipiell können die Verfahren in drei grosse Gruppen eingeteilt werden:

- Biologische Verfahren
- Chemische Verfahren
- Physikalische Verfahren

Bei den biologischen Verfahren werden natürliche Vorgänge wie sie auch in den Gewässern vorkommen konzentriert und unter Zuhilfenahme von technischen Mitteln in Reaktoren nachgebildet. Chemische Verfahren beruhen auf der Zugabe von chemischen Stoffen, die mit den unerwünschten Abwasserinhaltsstoffen Reaktionen eingehen. Bei den physikalischen Verfahren werden physikalische Vorgänge wie Adsorption oder die Trennfunktion von Membranen ausgenutzt, um Abwasserinhaltsstoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Eine Übersicht über die bei der Entfärbung eingesetzten Verfahren finden Sie in Tabelle 4.

Tabelle 4

## Verfahren zur Eliminierung von Farbstoffen aus Abwasser

Verfahren	Wirksamkeit	Teilstrom	Gesamt-abwasser	Farbstoff zerstört?	Kommentar	Angewandt in Kläranlagen
Anaerobe Behandlung methanogen, direkt	+++	ja	nein	ja	für Großbetriebe nur Transport kostengünstig	einmal
Einspeisen in einen Faulbehälter	+++	ja	nein	ja		in einigen
acidogen	+++	ja	ja	ja		in einigen
Chemische Flockung mit Fe <sup>3+</sup> oder Al <sup>3+</sup>	-	nein	ja	nein	Schlamm! für den Notfall	häufig
mit kationischem organi- schen Flockungsmittel	++	ja	ja	nein		in einigen
Elektroflotation	+	nein	ja	nein		in zwei
Reduktion mit Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	++	ja	ja	ja	teuer Schlamm!	nicht in einigen im Labor
mit Fe <sup>2+</sup> /Ca(OH) <sub>2</sub>	++	nein	ja	ja		
Elektrolyse, kathodisch	+++	ja	nein	ja		
Oxidation mit Ozon	+++	ja	ja	ja	teuer teuer Schlamm!	in einigen in einigen (in Italien)
mit H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	+	ja	ja	ja		
mit Fe <sup>2+</sup> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	++	nein	ja	ja		
Adsorption an Aktivkohle	++	nein	ja	nein	Regenerierung Schlamm!	häufig in einigen
an Braunkohlekoks	+	nein	ja	nein		
Membranverfahren Nanofiltration	+++	ja	ja	nein	Retentat! Retentat!, teuer	in einigen in einigen
Umkehrosiose	+++	nein	ja	nein		
Destillation	+++	ja	ja	nein	Konzentrat!, teuer	einmal
Einschluß in Cucurbituril	+++	ja	ja	nein	Farbstoffrückgewinnung	im Labor
Ionenpaarextraktion	++	ja	nein	nein	Farbstoffrückgewinnung	im Labor

Wirksamkeit: +++ sehr gut 90-100 %  
 ++ gut 80-90 %  
 + befriedigend 60-80 %  
 - schlecht < 60 %

Quelle: KA Korrespondenz Abwasser, Mai 1999

Allgemein kann gesagt werden, dass üblicherweise biologische Verfahren die günstigsten Betriebskosten haben, deshalb werden häufig biologische Stufen auch einer weitergehenden Abwasserbehandlung vorgeschaltet.

## Versuchsanlage

Bei der Textilveredlung Erzgebirge GmbH & Co. KG in Sehmatal – Cranzahl im Erzgebirge, einem mittelständischen Lohnveredler wurde nach Voruntersuchungen entschieden, eine eigene betriebliche Abwasserreinigungsanlage zu bauen. In einer Variantenuntersuchung wurden dann verschiedene Verfahren und ihre Kosten gegenübergestellt. Auf dieser Grundlage erfolgte der Beschluss, eine biologische Kläranlage in Form einer Aufstau oder SBR (*Sequencing Batch Reactor*) – Anlage zu bauen. Von der Genehmigungsbehörde wurde hierzu der Nachweis verlangt, dass die geforderten Ablaufwerte mit dieser Behandlungsart eingehalten werden können. Hierzu wurde im August 1996 eine Versuchsanlage aufgebaut und für die Grundlagenermittlung 1 ½ Jahre betrieben. Auf der Grundlage der Versuchsergebnisse wurde die erste Stufe der Abwasserreinigungsanlage geplant und von den Behörden genehmigt. Diese erste Stufe war noch ohne Entfärbung konzipiert, da zum damaligen Zeitpunkt der Anhang 38 mit der Forderung einer Entfärbung noch nicht in Kraft war und die Investitionskosten für die Gesamtanlage auf einen grösseren Zeitraum gestreckt werden sollten. Zur Untersuchung einer möglichen biologischen, anaeroben Entfärbung wurde die Versuchsanlage danach umgebaut und wird seither unterstützt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für das Projekt "Anaerobe Entfärbung von Textilabwasser" weiterbetrieben.



Bild 1: Versuchsanlage

## Betriebskläranlage

Die Anlage besteht aus folgenden Anlagenteilen:

- Abwassersiebung mit Feinrechen
- Abwasserpumpwerk und Abwasserdruckleitung DN 250
- Vorlagen-/ Pufferbecken
- zwei SBR – Reaktoren
- Ausgleichsteich
- Schlammstilo
- Betriebsgebäude mit Maschinenraum und Schaltwarte



Bild 2: Betriebskläranlage

Dabei handelt es sich um die erste Betriebskläranlage in SBR – Technik für einen Textilbetrieb in Deutschland.



Das kontinuierlich anfallende Abwasser wird im Vorlagen- / Pufferbehälter gesammelt. Hierbei findet bereits ein erster Ausgleich von pH-Wert, Konzentrationen und Temperatur statt. Danach wird es chargenweise einem der SBR-Reaktoren zugeführt. In diesem findet die eigentliche biologische Reinigung durch die darin enthaltenen Bakterien (*abwassertechnischer Spezialausdruck: Belebtschlamm*) statt. Um eine hohe Umsatzgeschwindigkeit zu erhalten, wird für diesen Reinigungsvorgang dem Abwasser Sauerstoff über Druckluft zugeführt und mit einem Rührwerk eine intensive Mischung von Belebtschlamm und Abwasser erreicht. Nach Beendigung der biologischen Reinigung wird die Druckluftzufuhr abgeschaltet und der Belebtschlamm setzt sich, da spezifisch schwerer als Wasser, nach unten ab (*sedimentiert*). Der klare Überstand wird dann mit einem sog. Dekanter abgezogen und dem Ausgleichsteich zugeführt. In diesem Ausgleichsteich wird die abgezogene Wassermenge, die in ca. einer Stunde dem Teich zufließt, zwischengespeichert und über vier Stunden gleichmässig an das aufnehmende Gewässer (*abwassertechnisch: Vorfluter*) abgegeben.

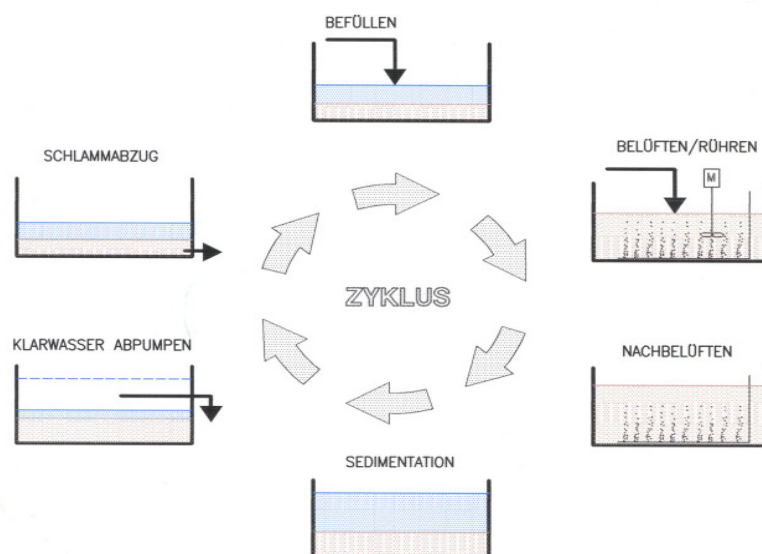


Bild 3: SBR-Zyklus

Ein vollständiger Zyklus eines SBR – Reaktors dauert acht Stunden. Die beiden Zyklen sind dabei um vier Stunden versetzt, sodass alle vier Stunden ein SBR – Reaktor entleert und befüllt wird.

## **Ergebnisse**

Nachdem die Anlage Ende 2000 in Betrieb ging und im Januar / Februar 2001 eingefahren wurde, liegen nun seit Mitte Februar Werte aus dem Normalbetrieb vor. Der für den Probetrieb vorgesehene Grenzwert von 210 mg/l wird sicher eingehalten. Auch der zukünftige Grenzwert des Anhang 38 160 mg/l wird zu über 90 % eingehalten. Es wird erwartet, dass nach dem Bau der Entfärbungsanlage, vorgesehen ist eine vorgeschaltete anaerobe Entfärbung, noch eine weitere Reduzierung der CSB-Werte auftritt, da zum Teil aerob schwer abbaubare Substanzen anaerob angegriffen werden. Die Versuchsanlage hat dies tendenziell bestätigt.

## **Kosten und Wirtschaftlichkeit**

Neben den Investitionskosten sind vor allem die Betriebskosten für die Wirtschaftlichkeit einer Abwasserreinigungsanlage ausschlaggebend. Dabei fallen in Deutschland die nachfolgend aufgeführten Betriebskostenarten an.

Tabelle 5

### **Betriebskosten von Abwasserreinigungsanlagen**

<b>Energiekosten</b>	für Reinigung und Transport
<b>Entsorgungskosten</b>	Schlamm Entsorgung und sonstige Reststoffe
<b>Personal</b>	für Betrieb und Wartung
<b>Labor</b>	für Eigenüberwachung gemäss EVO
<b>Instandhaltung</b>	
<b>Abwasserabgabe</b>	für die Restschmutzstofffracht
<b>Verwaltung</b>	

Dabei ist die als vorletzter Punkt genannte Abwasserabgabe eine deutsche Spezialität. Aufgrund des Abwasserabgabengesetzes muss für die Einleitung in ein Gewässer für die unvermeidbare Restschmutzstofffracht eine Abgabe an den Staat bezahlt werden. Diese Abwasserabgabe ist frachtabhängig und ohne geordnete Abwasserreinigung sehr hoch, bis zu einer Größenordnung von mehreren 100 000 € bei Abwassermengen von über 100 000 m<sup>3</sup>/Jahr wie sie in Textilbetrieben anfallen. Als Anreiz für den Bau von Abwasserreinigungsanlagen kann die Abwasserabgabe bis zu drei Jahren vor der Inbetriebnahme einer neuen Anlage mit den Baukosten dieser Anlage verrechnet werden.

Bei geschätzten Baukosten von rund einer Mio. € für eine Anlage mit einer Kapazität von ca. 1 400 m<sup>3</sup>/d und errechneten Betriebskosten von ca. 0,40 €/m<sup>3</sup> ergibt sich unter der Berücksichtigung von Investitionszuschüssen und der Verrechenbarkeit der Abwasserabgabe ein Abwasserpreis von ca. 0,60 €/m<sup>3</sup>. Nach Inbetriebnahme einer zusätzlichen anaeroben Entfärbung ist von einer Erhöhung von ca. 10 – 20 % auszugehen. Für eine Anlage mit einer Kapazität von ca. 800 m<sup>3</sup>/d errechnet sich ein Investitionskostenaufwand von ca. 0,83 Mio € für die biologische Reinigung und zusätzlich 0,13 Mio € für die anaerobe Entfärbung. Mit geschätzten Betriebskosten von 0,55 € ergibt sich unter analogen Berücksichtigungen von Zuschüssen und Verrechenbarkeit der Abwasserabgabe hier ein Abwasserpreis von ca. 0,9 €/m<sup>3</sup>. Dem gegenüber ist bei der Einleitung in das Kanalnetz eines Abwasserzweckverbands von Abwassergebühr zwischen 2,3 €/m<sup>3</sup> und 3 €/m<sup>3</sup> auszugehen, ohne Kosten für eine zuvor geforderte Entfärbung oder einen Starkverschmutzerzuschlag anzusetzen. Damit zeigt sich hier die hohe Wirtschaftlichkeit der betrieblichen Abwasserreinigung. Diese ist im Einzelfall auch gegeben, wenn vom Abwasserzweckverband Nachlässe bei einer entsprechenden Vorbehandlung angeboten werden, da dann entsprechende Kosten für die Vorbehandlung entstehen.