



Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie:

Wasser- und Waschmittelrecycling
in gewerblichen und Krankenhauswäschereien

FORSCHUNGSVORHABEN FKZ 0330205

1. Juni 2001 bis 31. Mai 2004

Abschlussbericht

WEHRLE-WERK AG
Bismarckstraße 1-11
79312 Emmendingen

INHALT

1. DARSTELLUNG DES VORHABENS	3
1.1. Aufgabenstellung	3
1.2. Beschreibung der Wäscherei und des Verfahrens	3
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	4
1.3.1. Planung des Vorhabens	4
1.3.2. Ablauf des Vorhabens	5
1.4. Wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde.....	7
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	7
2. ERGEBNISSE	8
2.1. Betriebsdaten und Ergebnisse	8
2.1.1. Biologische Reinigungsstufe und Ultrafiltration	8
2.1.2. Nanofiltration	13
2.1.3. Umkehrosmose	15
2.1.4. Entkeimung des Brauchwassers	15
2.1.5. Recyclingquote und Energieverbrauch	16
2.1.6. Betrieb der Anlage.....	20
2.2. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwendbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan.....	20
2.3. Während der Durchführung des Vorhabens ZE bekanntgewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	21
2.4. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11	21

1. DARSTELLUNG DES VORHABENS

1.1. Aufgabenstellung

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Kreislaufsystems für das Abwasser aus Wäschereien, um den Wassereinsatz zu verringern und das gereinigte Wasser im Waschprozess wiederzuverwenden.

Ziele des Vorhabens:

- Waschflotten derart aufbereiten, dass diese wieder in den Waschprozess geführt werden können
- Recyclingquote 90%
- biologische Abbau der CSB 90 – 95 % : < 200 mg/L
- Brauchwasserqualität wie Frischwasser, gemäß RAL-GZ 992.

1.2. Beschreibung der Wäscherei und des Verfahrens

Die Abwasserreinigungsanlage wurde bei der Kreuznacher Zentralwäscherei installiert. Die Kreuznacher Zentralwäscherei ist ein Betrieb, der Weißwäsche (Hotel, Gasthöfe...), Krankenhauswäsche und auch Mietberufskleidung behandelt.

Die Anlage wurde an 2 Waschmaschinen, an denen die Blauwäsche separat gewaschen wird, angeschlossen.

Verfahrensablauf

Das Abwasser wird aus der jeweiligen Waschschleudermaschine in zwei Pufferbehälter gefördert. Diese fassen jeweils einen Kubikmeter Abwasser und sind mit einer Überlaufleitung verbunden. Das Abwasser wird zunächst aus den Behältern über ein Flusensieb geleitet, um die Flusen abzutrennen

Aus diesem Behälter wird das Abwasser in den Abwasservorlagentank gepumpt. Durch Lufteintrag findet in diesem Behälter eine Umwälzung statt. Gleichzeitig wird das Abwasser dadurch mit Sauerstoff angereichert. Dieser Behälter dient als Mengen- und Konzentrationsausgleich.

Im Anschluss an diesen Speichervorgang folgt die biologische Reinigungsstufe, die ebenfalls belüftet wird und in dem die Abwasserinhaltsstoffe biologisch abgebaut werden.



Das biologisch gereinigte Wasser wird nachfolgend per Ultrafiltration von der Biomasse getrennt. Eine Kreislaufpumpe wälzt den Behälterinhalt der Biologie über die Rohrmembranmodule. Der aufkonzentrierte Belebtschlamm wird wieder zurück in den Belebungsbehälter geführt und steht somit wieder dem biologischen Reinigungsprozess zur Verfügung. Das abfiltrierte Wasser (Permeat) wird in einem Behälter von ca. 1 m³ Zwischengespeichert und von dort der nächsten Filtrationsstufe (Nanofiltration) zugeleitet.



Durch die Nanofiltration erfolgt eine weitere Stoffabtrennung, insbesondere von AOX, zweiwertigen Ionen und zum Teil Schwermetallen.

Das Permeat der Nanofiltration wird in einem Behälter zwischengespeichert und steht dann der letzten Membranstufe (Umkehrosmose) zur Verfügung. Das Konzentrat der Nanofiltration kann entweder in den Kanal abgeleitet, oder teilweise in den Belebungsbehälter zurückgeführt werden.



Die Umkehrosmoseanlage ist ähnlich aufgebaut wie die Nanofiltration, mit dem Unterschied, dass die Trenngrenze nochmals herabgesetzt ist. Das Permeat der Umkehrosmose gelangt in den Brauchwasserspeicher und kann wieder für den Waschprozess eingesetzt werden.

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1. Planung des Vorhabens

- Anlagenplanung, -bau und -installation
- Optimierung der Wasserqualität: Optimierung der biologischen Stufe und der Membranstufe für Abwasser aus folgenden Wäschen:
 - Blaue Berufskleidung
 - (Weiße Berufskleidung)
 - Krankenhauswäsche

- Optimierung der Verfahrensführung: Optimierung der Betriebskosten, Energieverbrauch und Recyclingquote
- Minderung des Reststoffanfalls: Überschussschlamm aus der biologischen Reinigungsstufe und Salzkonzentrat

1.3.2. Ablauf des Vorhabens

- Anlagenplanung, -bau und -installation

Zwischen Juli 2001 und Januar 2002 wurde die Planung einer Anlage für die Wäscherei Bilger-Schwenk in Trossingen durchgeführt. Zu Beginn des Jahres 2002 stellte sich heraus, dass das ausgearbeitete Anlagenkonzept für das Wasserrecycling bei der Wäscherei Bilger-Schwenk nicht zu realisieren war. Grund dafür waren zum einen grundsätzliche Probleme wie mangelnder Platz und geringe Bodenbelastbarkeit am geplanten Aufstellungsort, zu hohe Kosten bei einer Standortverlagerung innerhalb des Betriebs.

Zwischen März 2002 und März 2003 wurde die Kreuznacher Zentralwäscherei als Projektpartner gefunden und die Abwasserreinigungsanlage ausgelegt, geplant und gebaut. Die biologische Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im April 2003 und der Nanofiltration und Umkehrosmose im Mai 2003.

- Optimierung der Wasserqualität: die biologische Stufe sowie die Membranstufe wurden erst mit Abwasser aus Blauer Berufskleidungswäschen und dann Krankenhauswäsche getestet:
 - April 2003 bis April 2004: Blaue Berufskleidung
 - Mai 2004 bis Juli 2004: Krankenhauswäsche
- Optimierung der Verfahrensführung: die Optimierung der Betriebskosten und Recyclingquote wurde während der Versuchszeitraum durchgeführt.
- Minimierung des Reststoffanfalls: Überschussschlamm aus der biologischen Reinigungsstufe und Salzkonzentrat

Für die Optimierung der Anlage wurden folgende Maßnahmen getroffen:

30. Oktober 2003

Eine neue Kreislaufpumpe wurde in die Ultrafiltrationsanlage eingebaut. Die vorhandene Kreislaufpumpe wurde für einen anderen Membrantyp (Module, die ursprünglich in der Anlage eingebaut werden sollten) ausgelegt. Mit dieser Pumpe konnten der erforderliche Durchfluss und die Druckerhöhung nicht erbracht werden. Aus diesem Grund wurde die Pumpe ersetzt: Mit der neuen Pumpe wurde eine höhere Geschwindigkeit des Retentats durch die Membrane und ein höherer Druck erreicht.

Die Maßnahme wurde unternommen, um die Ultrafiltration besser betreiben zu können (Verstopfungen zu vermeiden, bessere Permeatleistung zu erhalten) und einen geringeren Energieverbrauch zu erreichen.

4. November 2003

Die Konzentratrückführung NF in die Biologie wurde auf die Permeatrückführungsleitung UF umgebaut. Damit sollte vermieden werden, dass Schlamm aus der Biologie in die Nanofiltration gedrückt wird (die Konzentratrückführungsleitung war ursprünglich unten im Biologiebehälter angeschlossen).

Zwei UF-Module und ein Leerrohr sind durch 3 neue UF-Module ersetzt worden: die UF-Anlage wurde seitdem mit 5 Modulen betrieben, d. H. mit einer höheren Membranfläche. Der Einbau eines fünften Moduls wurde durch die Ersetzung der Kreislaufpumpe erlaubt, weil diese Pumpe genug Druckerhöhung erzeugen konnte. Mit dieser Veränderung der Ultrafiltration kann eine höhere Zulaufmenge behandelt werden.

Da die Permeatleistung der Umkehrosroseanlage viel niedriger als die Leistung der Nanofiltrationsanlage war, wurde ein NF-Modul in die UO-Anlage eingebaut. Damit wurde ein Gleichgewicht zwischen den beiden Anlagen erreicht.

Das Ziel dieser Maßnahme war die Erhöhung der Recyclingquote von 60 % auf 80 %.

11. November 2003

Die Klappe auf der Retentatseite der Ultrafiltration wurde automatisiert. Diese Klappe schließt nun automatisch, wenn die Ultrafiltration automatisch oder manuell außer Betrieb geht. Dies dient als Schutz der Module und sollte vermeiden, dass der Belebtschlamm sich in der Retentatleitung und den Membranen festsetzt, wenn die UF-Anlage nicht betrieben wird, bzw. wenn über das Wochenende kein Zulaufwasser zur Verfügung steht.

Außerdem wurden die „Abfahren“-Bedingungen so geändert, dass der UF-Kreislauf mittels UF-Permeat von Belebtschlamm immer gespült wird, wenn die Ultrafiltration automatisch oder manuell außer Betrieb geht. Das gesammelte Permeat läuft durch die Module und drückt den Belebtschlamm zurück in die Biologie. Diese Maßnahme vermeidet, dass der Belebtschlamm in den Modulen verbleibt und entwässert, wenn die UF-Anlage abgeschaltet wird.

Es wurde auch eine „Wochenendschaltung“ des Gebläses eingerichtet. Dabei wurde eine separate Einstellung für das Gebläse vorgesehen, die aktiviert wird, wenn der Biologiebehälter soweit abgepumpt ist, dass die Ultrafiltration ausgeschaltet wird. Diese Maßnahme wird den Energieverbrauch für die Belüftung reduzieren und vermeiden, dass es am Wochenende zum Überschäumen kommt.

26. November 2003

Der ungewöhnlich hohe Druckverlust über die UF-Module von mehr als 1,2 bar pro Modul war Ursache für eine Volumenstromreduzierung, so dass die Membran nur noch mit einer Anströmung von ca. 2 m/s betrieben werden konnte. Dies führte immer wieder zu einer Verschlammung der Membranmodule und damit einer deutlichen Reduzierung der Fluxleistung. Daraufhin wurde das fünfte der in Reihe geordneten UF-Module ausgebaut, so dass durch den geringeren Druckverlust über die verbliebenen 4 Module ein konstanter Volumen-

strom von 23 bis 25 m³/h (Anströmung von ca. 4 – 4,2 m/s) gefahren werden konnte. Damit konnte ein Fluxleistung konstant auf einem Niveau von 750 bis 800 L/h gehalten werden. Eine Verschlämmung der Membranmodule konnte bei diesem Volumenstrom wirksam vermieden werden.

01. März 2004

Die Ultrafiltration wurde umgebaut, die Umkehrosmose entfernt und die Nanofiltration an dem Brauchwassertank direkt angeschlossen, das Konzentrat NF wird direkt in den Kanal abgeleitet. Diese Maßnahme hat das Ziel, die Recyclingquote zu erhöhen und den Energieverbrauch zu reduzieren.

Es wurde auch eine Desinfektionsdosierstation für Chlorbleichlauge (NaOCl) installiert, um eine Rückverkeimung des Brauchwassers zu vermeiden.

1.4. Wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde

➤ **Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Verfahren der WEHRLE UMWELT GmbH: BIOMEMBRAT[®] mit Nanofiltration und Umkehrosmose

➤ **Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste**

„Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung“, M. Dohmann, T. Mehlin, September 2001

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Vorhaben wurde von der Wehrle Werk AG mit folgenden Projektpartnern zusammen durchgeführt:

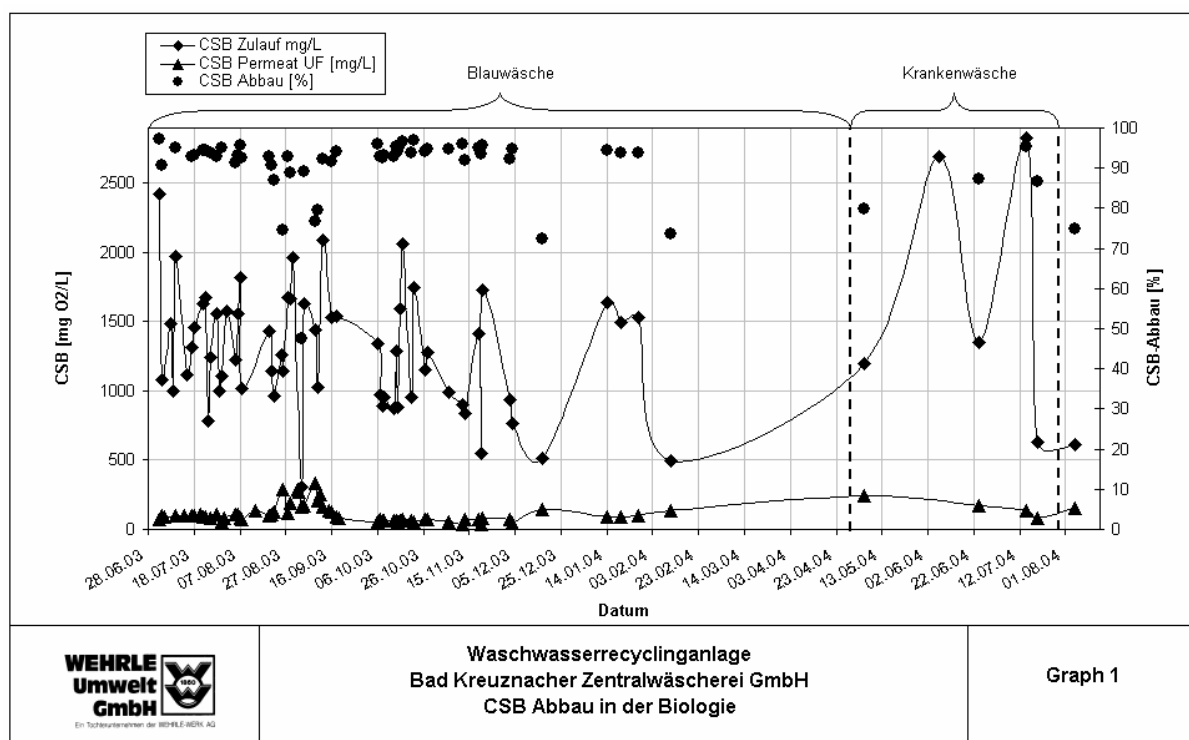
- Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein
- Berghof GmbH & Co. KG
- Kreuznacher Zentralwäscherei

2. ERGEBNISSE

2.1. Betriebsdaten und Ergebnisse

2.1.1. Biologische Reinigungsstufe und Ultrafiltration

➤ CSB-Abbau



- Phase 1: Blauwäsche

In der Zeit von Juni 2003 bis Mai 2004 ist die Anlage mit Blauwäscheabwasser betrieben worden. In diesem Zeitraum schwankten die CSB-Konzentrationen im Zulauf zwischen 800 und 2 400 mg O₂/L. Dennoch betragen die CSB-Konzentrationen im Permeat UF zuverlässig weniger als 100 mg O₂/L. Dies entspricht einem durchschnittlichen Abbaugrad von 91%. Abbaugrade bis zu 97 % wurden erreicht.

Im August/September 2003 ist die CSB-Abbauleistung geringer geworden. Dies ist auf Störungen am Belüftungsaggregat sowie den anschließenden Armaturen der Verrohrung zurückzuführen.

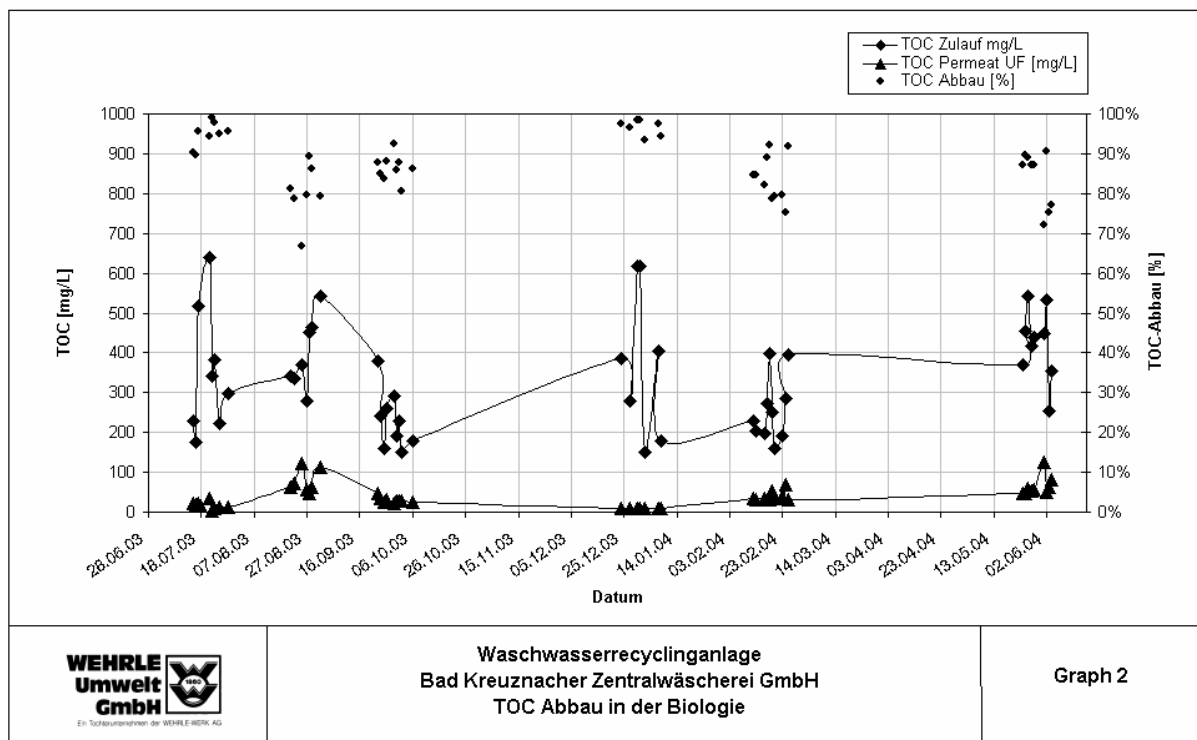
Diese Ergebnisse zeigen die Eignung und Zuverlässigkeit des Verfahrens für die biologische Reinigung des Abwasser aus der Blauwäsche.

- Phase 2: Krankenwäsche

Zwischen Mai 2004 und Juli 2004 wurde die Anlage auf Krankenwäsche umgestellt. In diese Zeitraum wurden 5 Messungen durchgeführt: die CSB-Konzentrationen im Zulauf schwankten zwischen 800 und 2 800 mg O₂/L. Die CSB-Konzentrationen sind höher im Abwasser aus der Krankenwäsche als aus der Blauwäsche. Dennoch betragen die CSB-Konzentrationen im Permeat UF zuverlässig weniger als 100 mg O₂/L. Dies entspricht einem durchschnittlichen Abbaugrad von > 90%.

Diese Ergebnisse zeigen, dass das Verfahren auch für die biologische Reinigung des Abwasser aus der Krankenwäsche geeignet ist und zuverlässig eine CSB-Elimination von > 90 % erreicht wird.

➤ **TOC-Abbau**



Der Parameter TOC als Summenparameter für die totalen organischen Kohlenstoffverbindungen, verglichen mit dem CSB, liegt im Wäschereiabwasser im Verhältnis „3:1“ vor. Es zeigte sich, dass über die Biologie eine Eliminationsrate von 80 – 95 % erreicht werden konnte. Je nach Zusammensetzung des Waschgutes schwankt der Eliminationsgrad, wobei nicht genau ermittelt werden konnte, bei welchem Waschgut welche Eliminationsleistung erreicht werden konnte.

➤ **Stickstoff und Phosphor**

Für die Parameter Stickstoff und Phosphor wurden folgende Werte analysiert:

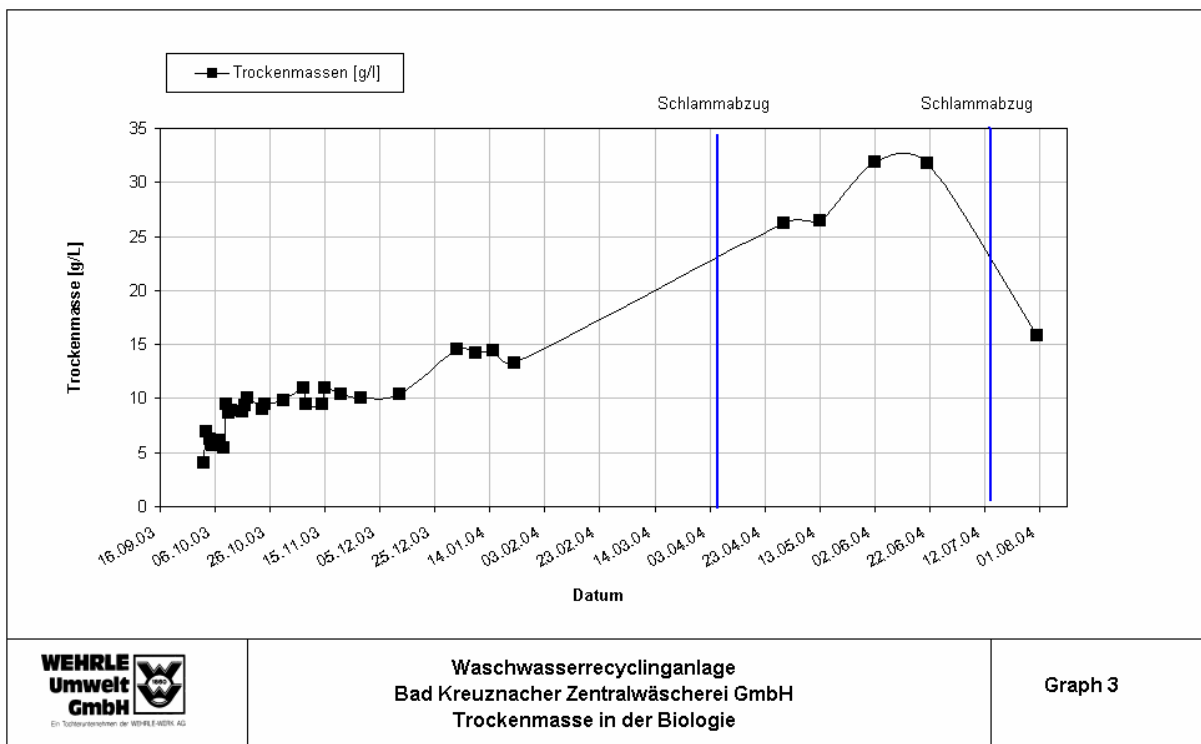
	Gesamt Stickstoff mg N /L			Gesamt Phosphor mg P /L		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Zulauf	12	29	47	71	182	383
Permeat UF	3	10	32	75	207	515

Während des Betriebs der Anlage wurde kein Stickstoff- und Phosphormangel festgestellt.

➤ **Trockenmasse und Schlammwachstum**

Zwischen Juni 2003 und Juli 2004 wurden 3 Schlammabzüge durchgeführt:

- September 2003
- April 2004
- Juli 2004



Waschwasserrecyclinganlage
Bad Kreuznacher Zentralwäscherei GmbH
Trockenmasse in der Biologie

Graph 3

Seit dem ersten Schlammabzug stieg die Biomassekonzentration zwischen Oktober 2003 und Januar 2004 langsam aber stetig an. In dem Zeitraum Oktober 2003-Januar 2004 hat sich ein durchschnittliches Schlammwachstum von ca. 0,18 kg TS/kg CSB eliminiert eingestellt, bzw.:

- ca. 10 l Nassschlamm/m³ behandeltes Abwasser (mit 18 kg TS/m³)
- ca. 1 % des Abwasseranfalls

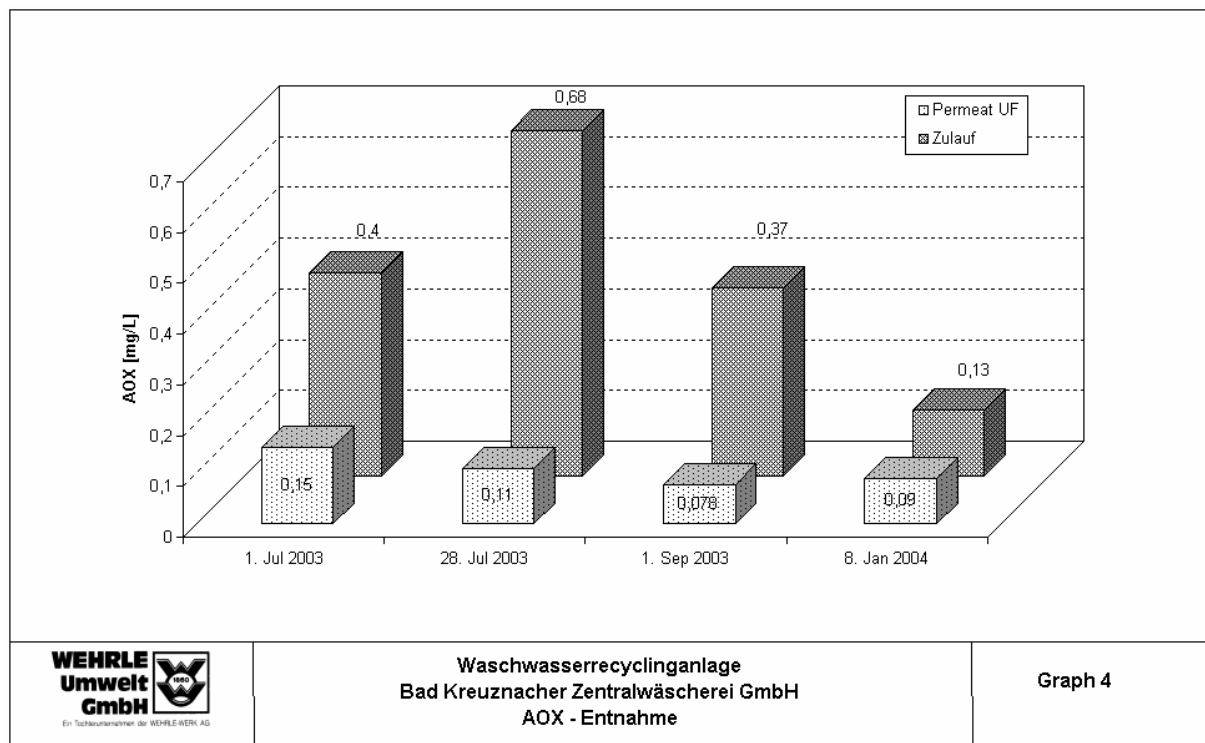
Zwischen Januar und Juli 2004 ist die Biomassekonzentration sehr stark gestiegen und trotz einem Schlammabzug (April 2004) hoch geblieben. Es sind aber zu wenig TS-Messungen zur Verfügung, um das Schlammwachstum zu berechnen. Diese starke Erhöhung der TS-Konzentration in der Biologie könnte sich durch Ansammlung von Feststoffe und Flusen und nicht nur durch Schlammwachstum erklären lassen. Die möglichen Gründe dafür sind folgende:

- Defekt am Flusensieb oder Abtrennung nicht vollständig gebracht
- Eintrag von Ablagerungen aus der Abwasservorlage : eine ½ jährliche Reinigung der Vorlage ist aus diesem Grund erforderlich.

➤ Entnahme von AOX und Kohlenwasserstoffen

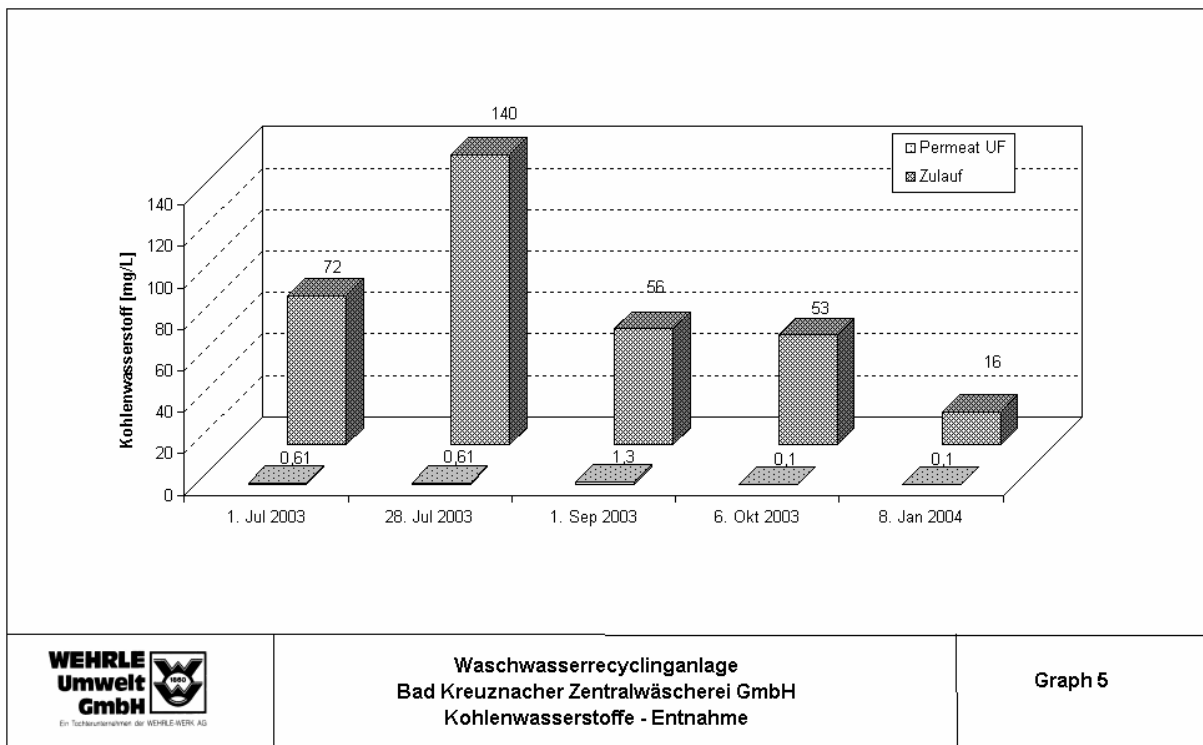
Zusätzlich zu den vor Ort gemessenen CSB-Werten wurden als Parameter der organischen Belastung durch das Institut Hohenstein die Summenparameter Kohlenwasserstoffe und Adsorbierbare Organische Halogene (AOX) bestimmt.

Entnahme von AOX:



Die mittlere Entnahmerate für AOX beträgt 65 %. Im Mittel ergibt sich für den Abwasserzulauf eine Konzentration von 0,35 mg/L. Im Permeat der Ultrafiltration ist nur noch eine Konzentration von durchschnittlich 0,107 mg/L nachzuweisen.

Entnahme von Kohlenwasserstoffen:



Kohlenwasserstoffe werden zuverlässig um mehr als 99% aus dem Abwasser entnommen. Im Mittel ergibt sich für den Abwasserzulauf eine Konzentration von 80 mg/L. Im Ablauf des Membranbioreaktors konnten Konzentrationen von maximal 1,3 mg/L nachgewiesen werden.

➤ **Entnahme von Schwermetallen**

Parameter	Zulauf mg/L Mittelwert	Rückhalt [%]							
		01-07-03	01-09-03	06-10-03	13-11-03	08-01-04	11-02-04	20-07-04	06-09-04
Cadmium	< 0,005	-	-	-	-	> 50,0	-	-	-
Chrom	0,044	> 39	> 58,3	> 32,4	> 32,4	66,7	-	-	-
Kupfer	0,214	6,0	> 94,8	- 65,6	- 34,3	-	> 52,8	82,1	> 83,3
Nickel	0,037	- 96,2	> 63,8	- 3,7	- 7,7	20,0	-	> 78,3	-
Blei	0,58	> 90,8	> 88,9	> 98,6	> 54,5	> 37,5	-	> 23,1	-
Zink	1,59	83,8	> 99,0	87,1	95,3	96,4	78,2	48,1	97,3 %
Eisen	3,71	95,1	98,6	98,1	98,1	99,0	96,3	-	65,0 %
Mangan	0,108	> 64,8	> 83,3	> 62,1	> 83,1	> 92,2	-	23,1	-
Arsen	0,009	- 4,2	-	11,1	-	-	-	-	-
Quecksilber	< 0,0001	-	-	35,3	-	-	-	-	-

Auch die biologisch nicht abbaubaren Schwermetalle werden bereits zum größten Teil durch den Membranbioreaktor aus dem Abwasser entfernt. Bei allen untersuchten Schwermetallen mit Ausnahme des Nickels beobachtet man eine deutliche Reduzierung der Schwermetallkonzentrationen, i.d.R. sogar bis unter die Nachweisgrenze. Entnahmeraten von mehr als 90 % sind zu beobachten, bei Kupfer erfolgt eine teilweise geringere Reduktion bis gar keine. Nickel wird durch den Membranbioreaktor nicht entfernt.

Da Schwermetalle nicht biologisch abgebaut werden, kann die hohe Entnahmerate nur durch Adsorption an den Belebtschlamm oder durch Ausfällungen bewirkt werden. Die Schwermetalle werden dann mit dem Überschussschlamm aus dem System ausgeschleust.

2.1.2. Nanofiltration

Durch Nanofiltrationsmembranen können mehrwertige Ionen sowie organische Komponenten mit einem Molekulargewicht von mehr als 150 – 300 g/mol zurückgehalten werden. Bei der Weiterbehandlung des Ultrafiltrationsablaufs steht die Abtrennung von Schwermetallen, organisch schwer abbaubarer organischer Komponenten, Phosphorverbindungen, sowie die Entnahme der Härtebildner Calcium und Magnesium im Vordergrund. Der Salzgehalt wird durch den Rückhalt von zweiwertigen Salze, wie Sulfat, verringert. Einwertige Salze wie Chlorid passieren die NF-Membran.

➤ **Schwermetallkonzentrationen in Permeat UF und NF sowie Eliminationsgrad**

Nachfolgend werden die Schwermetallen-Konzentrationen im UF- und NF-Permeat mit den entsprechenden Entnahmeraten dargestellt.

Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie
Abschlussbericht

	01-07-2003		01-09-2003		06-10-2003		13-11-2003	
	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.
	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %
Cadmium	< 0,005	< 0,005 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,005	< 0,005 -	< 0,005	< 0,005 -
Chrom	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -
Kupfer	0,14	< 0,025 > 82,1 %	< 0,025	< 0,025 -	0,212	0,137 35,4 %	0,133	0,088 33,8 %
Nickel	0,051	< 0,025 > 51,0 %	< 0,025	< 0,025 -	0,028	< 0,025 > 10,7 %	0,028	< 0,025 > 10,7 %
Blei	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -
Zink	0,343	< 0,025 > 92,7 %	< 0,025	< 0,025 -	0,124	0,101 18,5 %	0,041	0,027 34,1 %
Eisen	0,108	< 0,025 > 76,9 %	0,124	0,088 29,0 %	0,044	0,047 -	0,03	0,03 -
Mangan	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,025	< 0,025 -
Arsen	0,01	0,0045 55,0 %	< 0,003	< 0,003 -	0,0072	0,0066 8,3 %	-	-
Quecksilber	< 0,0001	< 0,0001 -	< 0,003	< 0,003 -	0,00011	< 0,0001 -	-	-

	08-01-2004		11-02-2004		03-08-2004		19-08-04	
	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.	UF	NF Elim.
	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %	mg/L	mg/L %
Cadmium	< 0,025	< 0,005 -	< 0,01	< 0,01 -	< 0,025	< 0,025 -	< 0,01	< 0,01 -
Chrom	0,01	< 0,025 -	0,012	< 0,01 > 16,7 %	< 0,025	< 0,025 -	< 0,01	< 0,01 -
Kupfer	5,3	2,0 62,3 %	0,034	< 0,01 > 70,6 %	< 0,025	< 0,025 -	0,033	0,01 69,7 %
Nickel	0,04	< 0,025 > 37,5 %	0,013	< 0,01 > 23,1 %	0,032	0,032 -	0,02	< 0,01 > 50,0 %
Blei	< 0,025	< 0,025 -	< 0,01	< 0,01 -	< 0,025	< 0,025 -	0,015	0,015 -
Zink	0,04	< 0,025 > 37,5 %	0,14	0,34 -	0,057	0,057 -	0,12	0,021 82,5 %
Eisen	0,06	0,04 33,3 %	0,39	0,066 83,1 %	0,045	0,045 > 44,4 %	0,457	0,035 92,3 %
Mangan	< 0,025	< 0,025 -	< 0,01	< 0,01 -	< 0,025	< 0,025 -	0,012	-
Arsen	0,009	0,005 44,4 %	-	-	0,011	0,011 37,3 %	-	-
Quecksilber	< 0,0001	0,0002 -	-	-	< 0,0005	< 0,0005 -	-	-

Durch die Nanofiltrationsstufe werden die verbliebenen Konzentrationen an Kupfer, Nickel, Zink, Eisen und Arsen weiter reduziert, die Entnahmerate schwanken jedoch deutlich.

Dies ist auch mit dem niedrigen Konzentrationsbereich zu begründen, der des öfteren unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt, so dass eine genaue Quantifizierung nicht vorgenommen werden kann.

2.1.3. Umkehrosmose

In der Umkehrosmose werden die durch die Nanofiltration gelangten Schwermetalle zuverlässig abgetrennt. Die durchgeführten Analysen haben für jedes Schwermetall eine Konzentration im Permeat UO unter dem Messbereich ergeben.

Auch organische Stoffe und die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor können nicht mehr nachgewiesen werden. Die bereits geringe Härte im Permeat der Nanofiltration von durchschnittlich 3,24°dH kann durch die Umkehrosmose auf 0,1°dH weiter abgesenkt werden.

Im April 2004 wurde die Anlage umgebaut, wobei die Umkehrosmose aus dem Anlagenkonzept herausgenommen wurde. Die Anlage wurde auf die Aufbereitungsstufen Biologie, Ultrafiltration und Nanofiltration reduziert. Das NF-Permeat wurde in den Brauchwassertank geführt und das NF-Konzentrat wurde direkt in den öffentlichen Kanal abgeleitet.

2.1.4. Entkeimung des Brauchwassers

Mikrobiologische Untersuchungen des UF-, NF- und UO-Permeats sowie des erzeugten Brauchwassers wurden durch das Institut Hohenstein durchgeführt. Dabei wurden folgende Werte ermittelt:

	10-07-2003		29-09-2003		06-10-2003	
	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL
UF-Permeat	282	1 876	-	-	-	-
NF-Permeat	120	1 084	-	-	-	-
UO-Permeat	27	138	-	-	73	
Brauchwasser	0	6	0	0	-	-

	11-02-2004		18-05-2004		15-07-2004	
	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL	KBE 20 °C/mL	KBE 36 °C/mL
UF-Permeat	-	-	198	278	446	1044
NF-Permeat	-	-	128	61	0	5
UO-Permeat	20	363	-	-	-	-
Brauchwasser	524	1317	464	442	1760	2282

Die zu einzuhaltenen Grenzwerte nach RAL GZ 992 sind wie folgt:

- Vorwäsche: 1 000 KBE/mL
- Spülwasser 100 KBE/mL

Zwischen Juli 2003 und Oktober 2003 sind die Keimwerte im Permeat UO und Brauchwasser unter dem Grenzwert für Spülwasser geblieben.

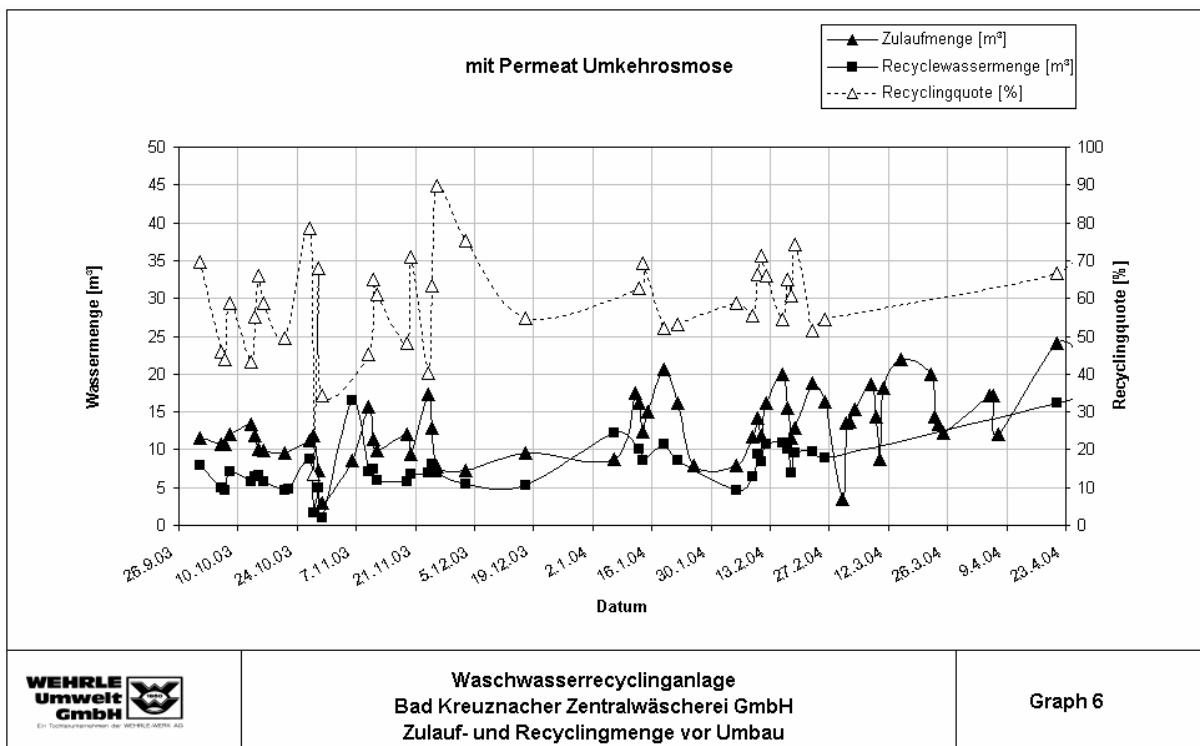
Zwischen Februar und Juli 2004 sind höhere Keimwerte im Brauchwassertank gemessen worden. Dies bedeutet, dass sich eine Rückverkeimung im Brauchwassertank aufgebaut hat: Für diesen Zeitraum wurde mehrmals festgestellt, dass die Desinfektionsanlage nicht ordnungsgemäß funktioniert hat.

Die Qualität des Permeats NF ist für eine Nutzung als Brauchwasser ausreichend. Mit einer kontinuierlichen Dosierung von Desinfektionsmittel wird die Qualität des Brauchwassers zuverlässig sichergestellt und kann in der Wäscherei wiederverwendet werden.

2.1.5. Recyclingquote und Energieverbrauch

➤ Recyclingquote

Vor dem Umbau: BIOMEMBRAT® mit Nanofiltration und Umkehrosmose

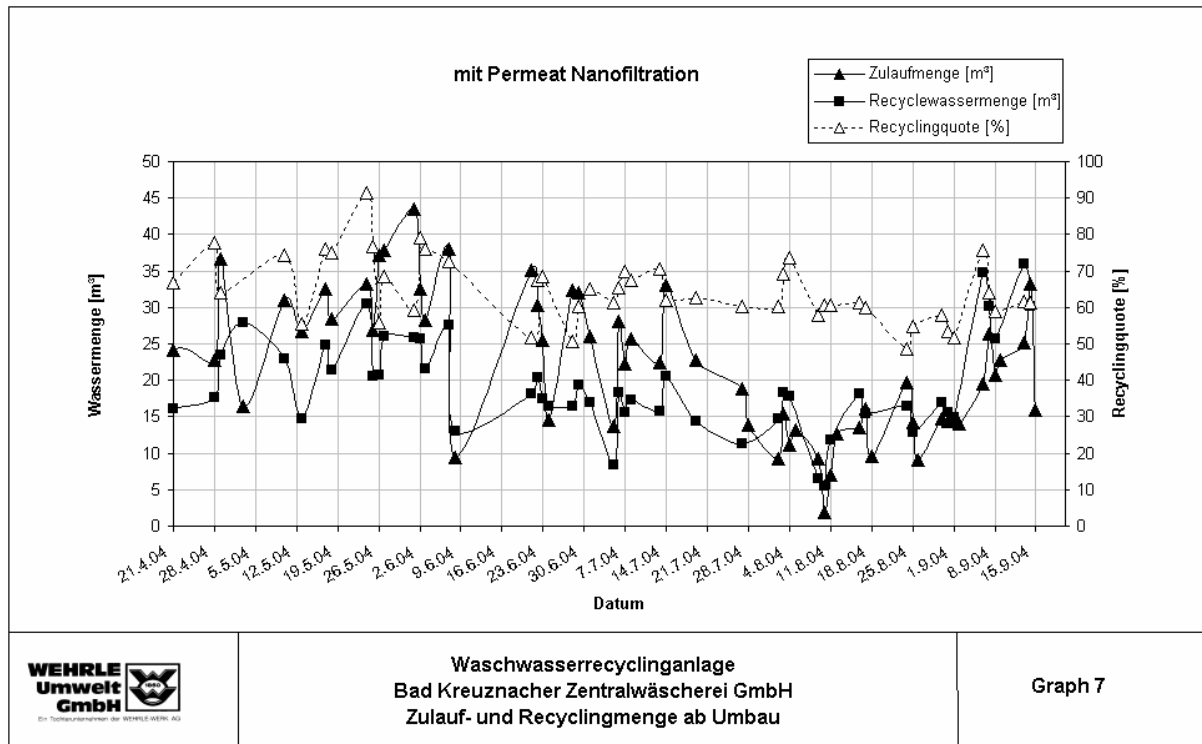


Im Zeitraum vom September 2003 bis April 2004 schwankte die Recyclingquote stark zwischen 40 und 70 %, wobei auch Werte von > 80 % erreicht wurden.

Die Umkehrosmose-Anlage wurde mit einer Ausbeute von 70 – 75 % betrieben, so dass auch Recyclingraten in dieser Größenordnung erwartet werden können.

Die zum Teil geringeren Recyclingraten sind auf Anlagenstörungen zurückzuführen. Als Hauptgrund ist jedoch eine Fehlmessung im UO-Permeatablauf zu sehen, die erst im Februar 2004 erkannt wurde.

Nach dem Umbau: BIOMEMBRAT® mit Nanofiltration

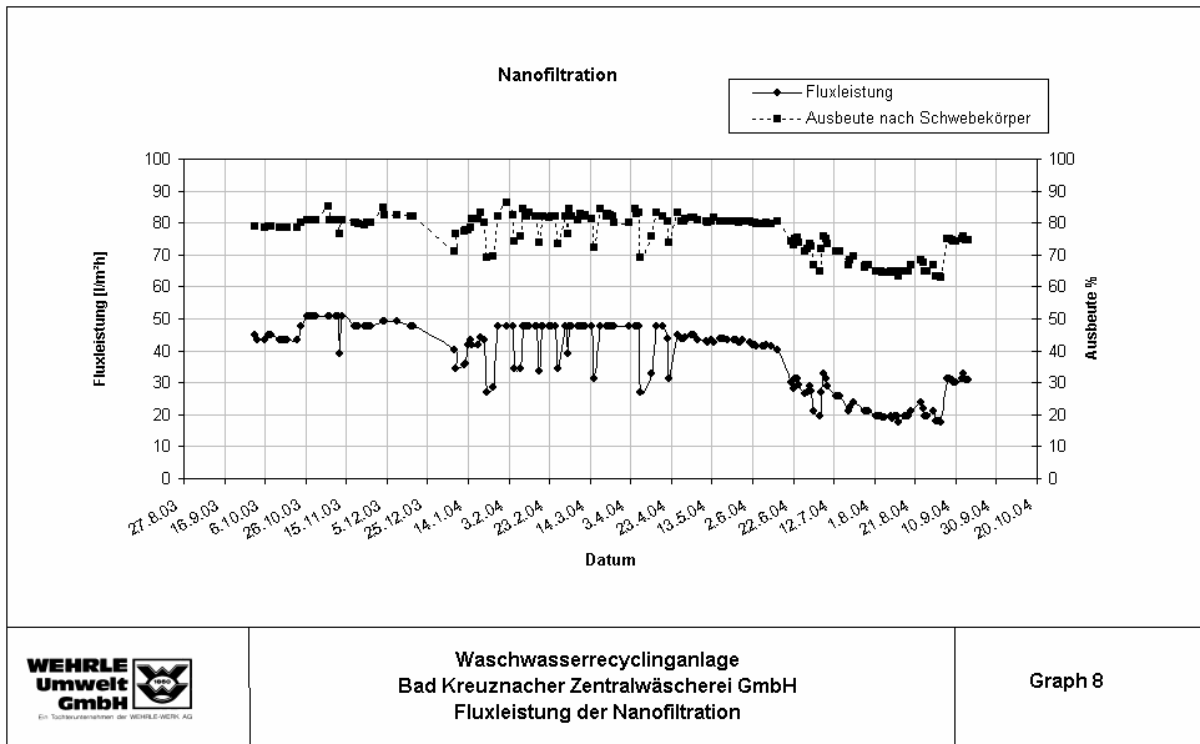


Es wurde festgestellt, dass die Recyclingquote stark von der Schwefelsäuredosierung abhängig ist. Die Permeatleistung der NF- und UO-Anlage sinkt stark ab, wenn keine Schwefelsäure dosiert wird und es dadurch zu Ausfällungen auf den Membranen kommt.

Unter Aufrechterhaltung einer kontinuierlichen Säuredosierung können Recyclingraten von > 80 % stabil erreicht werden.

Zum Ende des Versuchs ist die Recyclingquote geringer geworden. Dies ist auf betriebliche Gründe zurückzuführen. In dem Zeitraum vom Ende Juni bis Anfang September wurden die Einstellungen der Nanofiltration nicht optimal angepasst, um eine höhere Recyclingquote zu erreichen. Die Ausbeute der Nanofiltration lag bei bis zu 70 %, was geringere Permeatmengen bedingte.

Ausbeute der Nanofiltration



Die Nanofiltration wurde stabil mit einer Ausbeute von 80 % betrieben, wobei auch Ausbeuten von > 85 % erreicht wurden.

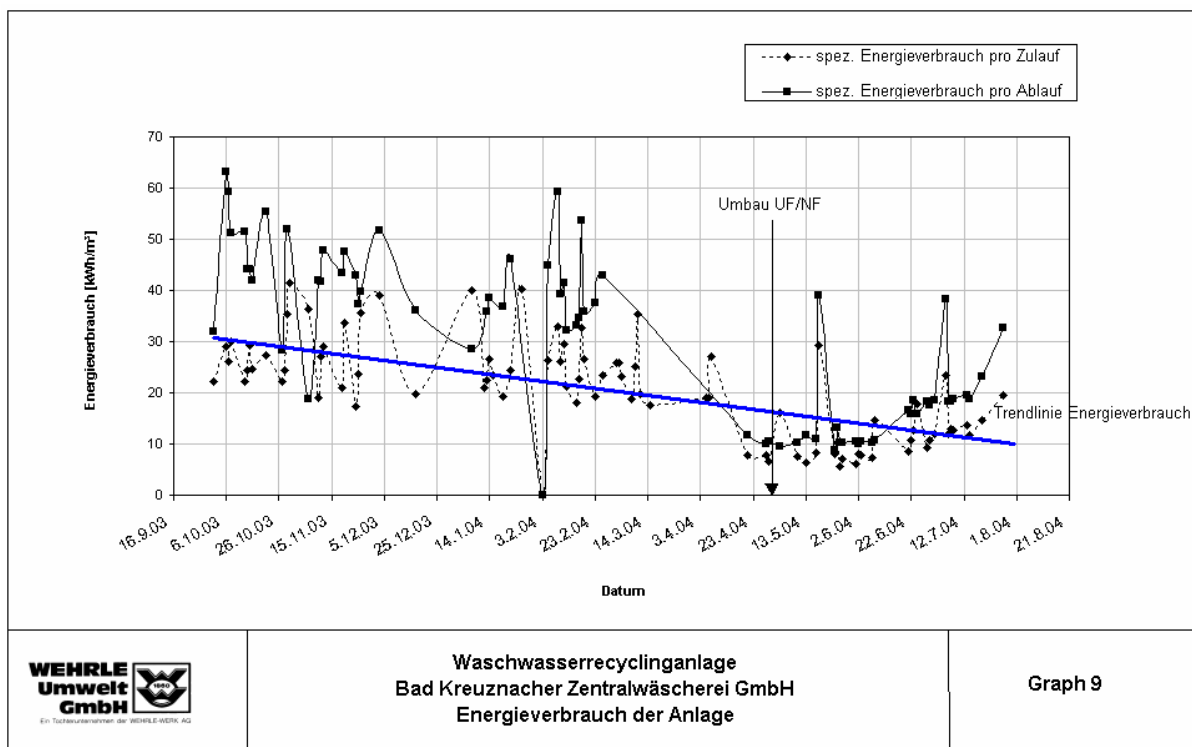
Diese Permeatleistungen konnten sowohl bei der Verfahrensvariante 1 sowie bei der Variante 2 stabil erreicht werden.

Die Fluxleistungen bewegten sich hierbei zwischen 40 - 45 l/m².h.

Zwischen Ende Juni und Anfang September ist die Fluxleistung der Nanofiltration auf 20 l/m².h gesunken (Nanofiltration wurde vermutlich nicht rechtzeitig gespült) und dadurch ist die Ausbeute auch reduziert worden (keine Anpassung der Einstellungen).

➤ **Energieverbrauch**

Im Hinblick auf entstehende Behandlungskosten wurde für die Anlage auch eine Energiebilanzierung vorgenommen.



Wasswasserrecyclinganlage
Bad Kreuznacher Zentralwäscherei GmbH
Energieverbrauch der Anlage

Graph 9

	Abwasser m ³	Brauchwasser m ³	Energie kWh	Spezifische Energie Abw kWh/m ³ Abw	Spezifische Energie Bw kWh/m ³ Bw
Juli 03	223	140	5789	25,9	41,3
August 03	176	115	4713	26,8	40,9
September 03	325	22	6000	18,5	-
Oktober 03	260	143	7610	29,3	53,2
November 03	148	98	6171	41,7	62,9
Dezember 03	116	78	4716	40,6	60,5
Januar 04	218	152	6519	29,9	42,9
Februar 04	266	177	7020	26,4	39,6
März 04	323	219	8690	26,9	39,7
April 04	316	221	5493	17,4	24,9
Mai 04	557	428	4659	8,4	10,9
Juni 04	511	348	5007	9,8	14,4
Juli 04	408	260	6240	15,3	24

Zwischen September 2003 und Juli 2004 wurde der Energieverbrauch deutlich reduziert.

Diese Reduzierung des Energieverbrauch lässt sich durch die Optimierung der Anlage erklären: eine optimierte UF-Kreislaufpumpe wurde eingebaut, die Wochenendeinstellung für das Gebläse geändert, Umbau der UF und Wegfall der Umkehrosmostufe.

Über den letzten 4 Monaten wurde ein durchschnittlicher spezifische Energieverbrauch von ca. 18 kWh/m³ Brauchwasser festgestellt (anstatt 55 kWh/m³ Brauchwasser Ende 2003).

2.1.6. Betrieb der Anlage

Für den Betrieb der Anlage wird folgendes Personal benötigt:

- ca. 10 Minuten täglich: Kontrolle, Betriebsdaten aufnehmen, Chemikaliengebinde wechseln
- ca. 4 Stunden jede 2 Woche für die Reinigung der Filtrationsstufen.

Chemikalienverbrauch:

- Antiskalant: keine Dosierung
- Entschäumer: geringe Mengen
- Schwefelsäure: ca. 0,73 L Schwefelsäure 37% pro m³ Abwasser
- Reiniger UF: ca. 2 Reinigungen/Jahr
- Reiniger NF: ca. 12 Reinigungen/Jahr

2.2. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwendbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan

Während des Vorhabens wurde die Eignung des Verfahrens zur Behandlung und Recycling von Abwasser aus der Blau- und Krankenhauswäsche in Hinsicht auf folgende Punkte nachgewiesen:

- ökonomisch:
der Energieverbrauch wurde derart optimiert, dass nur noch ca. 18 kWh/m³ Brauchwasser gebraucht wird (am Anfang des Vorhabens lag dieser Verbrauch bei ca. 55 kWh/m³)
Geringere Feststoffanfall: Schlammentsorgung
Der Chemikalienverbrauch für Schwefelsäure, Entschäumer und Reiniger konnte derart optimiert werden, dass die Chemikalienkosten auf ca. 0,55 €/m³ reduziert werden konnten.
- verfahrenstechnisch
die biologische Reinigungsstufe hat Abbaugrade von bis zu 97% CSB erreicht, durchschnittlich lagen die Werte bei > 90 %
die Nanofiltration erzeugt ein Brauchwasser mit einer ausreichenden Qualität, um es in dem Waschprozess wiederzuverwenden. Die weitere Filtrationsstufe (Umkehrosmostufe) ist nicht erforderlich, um das Wasser wiederverwenden zu können.
Mit der Nanofiltration konnten Recyclingraten von 80–85 % stabil erreicht werden.

Mit einer kontinuierlichen Desinfektionsmitteldosierung in das Brauchwassertank sind die Grenzwerte bezüglich Keimkonzentrationen eingehalten, so dass das Brauchwasser auch für Spülungen benutzt werden darf.

2.3. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Auf dem Gebiet der Abwasseraufbereitung aus der Blauwäsche sind nur wenige Anlagen in Betrieb. Alternativverfahren sind SBR und Flockung/Fällung und eventuell Vakuumdestillation. Weiterführende wissenschaftliche Erkenntnisse wurden während des Forschungsvorhabens jedoch nicht bekannt.

2.4. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11

Es ist bisher keine Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt und derzeit seitens der WEHRLE-WERK AG auch nicht vorgesehen.

Emmendingen, den 13. Oktober 2004

Hubert Wienands (Projektverantwortlicher)