

10./11.02.2005, Osnabrück

Anwendung von Membranverfahren in der Lebensmittelindustrie mit Schwerpunkt Wasserrecycling

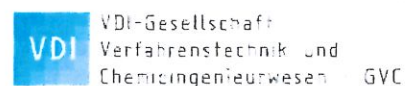
**Ressourcenschonung – Energieeffizienz –
Kostensenkung – Voraussetzungen –
Entscheidungshilfen – Perspektiven**

Tagungsband

Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück 2005

Herausgeber

Franz-Peter Heidenreich, Christian Hennig



Inhaltsverzeichnis

A	Grußwort,	5
	Dr.-Ing. e.h. Fritz Brickwedde, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück	
B	Einführung,	7
	Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke, Dr.-Ing. Christian Hennig, Universität Paderborn	
C	Wasserrecycling in der Lebensmittelindustrie: Rechtliche Rahmenbedingungen	
C1	IVU-Richtlinie - Grundlage für Umweltschutz und Ressourcenschonung,	13
	Dr. Joachim Wieting, Umweltbundesamt Berlin	
C2	Wasser für Lebensmittelbetriebe,	23
	Prof. Dr. Andreas Grohmann, Berlin	
D	Wassermanagement und Wasserrecycling in der Lebensmittelindustrie: Übersichtsbeiträge	
D1	Wasser- und Abwassermanagement in der Lebensmittelindustrie,	29
	Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Rosenwinkel, Universität Hannover	
D1	Erfahrungen aus Demonstrationsvorhaben zum Laugen- und Wasserrecycling in verschiedenen Branchen der Lebensmittelindustrie,	41
	Prof. Dr.-Ing. Horst Chmiel, Lehrstuhl für Prozesstechnik, Universität des Saarlandes	
D3	Möglichkeiten und Grenzen für Membranverfahren in der Lebensmittelindustrie,	49
	Dr.-Ing. Thomas Peters, Dr.-Ing. Peters Consulting, Neuss	
E	Erfahrungsberichte	
E1	Erfahrungsbericht zum Wasserrecycling in der Malzindustrie,	61
	TD Alfred Kroihner, Durst Malz, Gernsheim	
E2	Schließung von Wasserkreisläufen in einem Schlachthof: Konzept und Ergebnisse der Pilotierung,	71
	Dr. Johannes Lindemann, imb+frings watersystems gmbH, Köln	
E3	Abwassermanagement und Rückführung von aufbereitetem Abwasser in den Produktionsprozess am Beispiel der Kartoffelstärkeherstellung,	81
	Dr. Martin Lotz, Emsland-Stärke GmbH, Emlichheim	
E4	Abwassermanagement mit dem Ziel der Gewinnung von Energie, Wertstoffen und Brauchwasser am Beispiel der Kartoffelstärkeindustrie,	89
	GF Joachim Richter, Agrar Bio-Recycling GmbH, Wietendorf; Prof. Dr.-Ing. Ulf Theilen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, FH Giessen-Friedberg	
E5	Erfahrungen aus der Frachtreduzierung und energetischen Verwertung der Reststoffe für Abwässer aus der Milchverarbeitung,	105
	GF Guiseppa De Lucia, De Lucia, Heiden; Josef Robert, Fraunhofer Umsicht, Oberhausen	
E6	Wassermanagement in der österreichischen Milchverarbeitung: Frachtreduzierung und -verwertung, Anmerkungen zum Thema Wasserrecycling,	113
	Dr. Bernhard S. Mayr, Envicare, A-Graz; Bernhard Bonapace, CrystalClear, A-Mils;	
E7	Erfahrungen aus dem Wasserrecycling in der Gemüseverarbeitung,	123
	Johannes W. Wouters, Paques B.V., NL-Balk	
E8	Potentiale und Erfahrungen aus dem Wasserrecycling bei der Getränkeabfüllung	133
	Michael Beier, Naturella Fruchtsaftgetränke GmbH, Öhringen; Jörg Schmidt, Enviro-Chemie GmbH, Roßdorf	
F	Osnabrücker Membran-Memorandum 2005	139
G	Teilnehmerliste	143

**Wassermanagement in der österreichischen Milchverarbeitung:
Frachtreduzierung und –verwertung,
Anmerkungen zum Thema Wasserrecycling**

Inhalt:

- 1. Einleitung und Kurzzusammenfassung**
- 2. Beschreibung der realisierten Anlage**
 - 2.1 Funktionsweise der UF-Anlage Molkereigenossenschaft Freistadt
 - 2.2 Technische Daten und Reinigungsleistung
 - 2.3 Invest- und Betriebskosten
- 3. Cofermentation des fettreichen Retentates im Faultrum der kommunalen Kläranlage**
 - 3.1 Energiebilanz Kläranlage Freistadt
- 4. Schlussfolgerungen**
- 5. Firmenprofile *Envicare DI Dr. Mayr* und *Crystal Clear membran service gmbH***

Autoren

DI Dr. techn. Bernhard S. Mayr

Bernhard Bonapace

Envicare DI Dr. Mayr
Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik
Wittekweg 9
A-8010 Graz

Crystal Clear
Membrane Service Gmbh
Gewerbepark 3/2
A-6068 Mils

Tel.: +43 -316 -381038-0
Fax: +43 -316 -381038-9
Email: office@envicare.at

Tel. : +43 -5223 -54977
Fax.: +43 -5223 -54978
Email: office@crystalclear.at

1 Einleitung und Kurzzusammenfassung

Um nach einer Produktionserweiterung den festgelegten Einleitkonsens nicht zu überschreiten, wurde bei der Molkereigenossenschaft Freistadt und Umgebung in Oberösterreich ein innovatives Projekt zur betrieblichen Abwasserreinigung realisiert. Die mit lipophilen Stoffen hoch belasteten Abwässer werden mittels einer Cross-Flow Ultrafiltrationsanlage vorbehandelt, bevor das Filtrat (etwa 85 %) in die örtliche Kläranlage und das Konzentrat (ca. 15 %) mittels Druckleitung in den Faulurm derselben Kläranlage zur Cofermentation (gemeinsame Vergärung von Klärschlamm und organischen Reststoffen) geleitet wird. Aus den energiereichen Abwasserinhaltsstoffen im Konzentrat wird daher Biogas produziert.

Die Planungsgemeinschaft, zusammengesetzt aus dem Ingenieurbüro Lohberger&Thürriedl, Freistadt, EnviCare DI Dr. Mayr Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik, Graz und Crystal Clear Membran-Service GmbH, Mils strebte die optimale ökonomische und ökologische Lösung an der Schnittstelle zwischen Molkerei und Kläranlage an. Diese sollte auf praxiserprobter Membrantechnik und neuartigen Verfahrenskombinationen basieren.

Zur Absicherung des Vorhabens wurde eine einjährige Pilotierung beauftragt, die im Rahmen einer Diplomarbeit an der BOKU Wien wissenschaftlich betreut wurde.

Im September 2003 erfolgte die Inbetriebnahme der Ultrafiltrationsanlage (UF-Anlage), welche in Containerbauweise realisiert wurde.

2 Beschreibung der realisierten Anlage

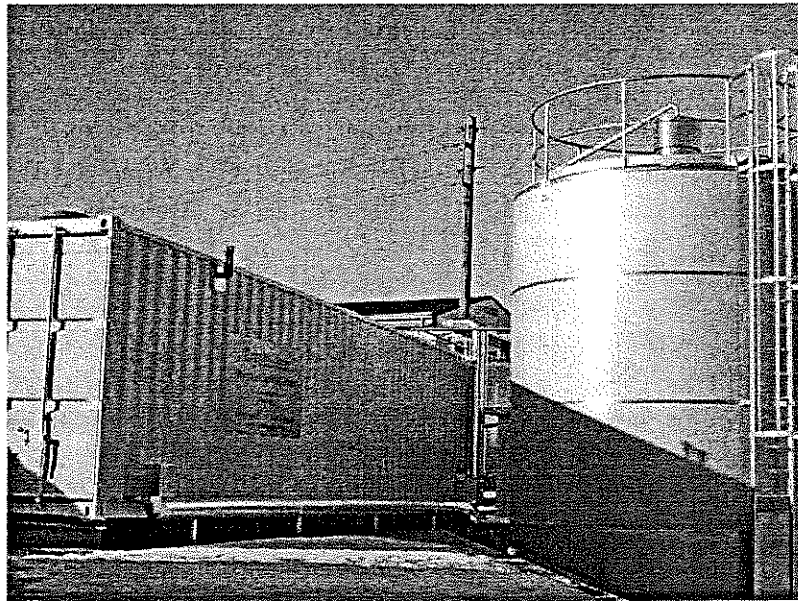


Bild 1: Container Ultrafiltrationsanlage

Die modulare Containerbauweise gestattet die Montage und weitreichende Funktionstests der Anlage im Werk. Dies reduziert die Montagezeit vor Ort auf ein Minimum. Der anschließende dreimonatige Probetrieb wurde einerseits dazu genutzt, die UF-Anlage in die Produktionsabläufe der Molkerei zu integrieren und andererseits Betriebserfahrung zu sammeln. Im Dezember 2003 wurde die Anlage der Molkerei Freistadt, welche die Anlage durch eigenes Personal betreibt, übergeben.

2.1 Funktionsweise der UF-Anlage Molkereigenossenschaft Freistadt

Das Abwasser der Molkerei gelangt direkt über einen Pumpschacht in den Puffertank. Dort wird das Rohwasser auf einem pH-Wert von 8-9 gehalten. Durch das Säuerungspotential des Abwassers erfolgt die Neutralisation ausschließlich mit NaOH. Im Puffertank erfolgt auch eine selbständige Abtrennung von Feststoffen und kolloidalem Fett durch Schwerkrafttrennung.

Nach der Neutralisation wird das Rohabwasser in den Arbeitstank gepumpt.

Im Arbeitstank wird die gewünschte Aufkonzentrierung des Rohabwassers im Batch-Betrieb sichergestellt. Vom Arbeitstank wird das Rohabwasser mittels Druckpumpe und den drehzahlgeregelten Zirkulationspumpen in das Modulsystem gepumpt, um die Ultrafiltrationsmembranen mit einer Geschwindigkeit von $> 2\text{ m/s}$ zu durchströmen.

Die Drehzahl der Zirkulationspumpen sowie das Druckregelventil steuern den Filtrationsdruck, der zwischen 1 – 3 bar liegt und somit den Filtratfluss.

Das Konzentrat wird solange in den Arbeitstank zurückgeführt, bis die gewünschte Aufkonzentrierung erreicht wird.

Anschließend wird der aufkonzentrierte Rückstand (Konzentrat) über eine Druckleitung direkt in den Faultrum der ARA Freistadt eingeleitet und als so genanntes Cosubstrat zur Biogasproduktion ökologisch sinnvoll genützt.

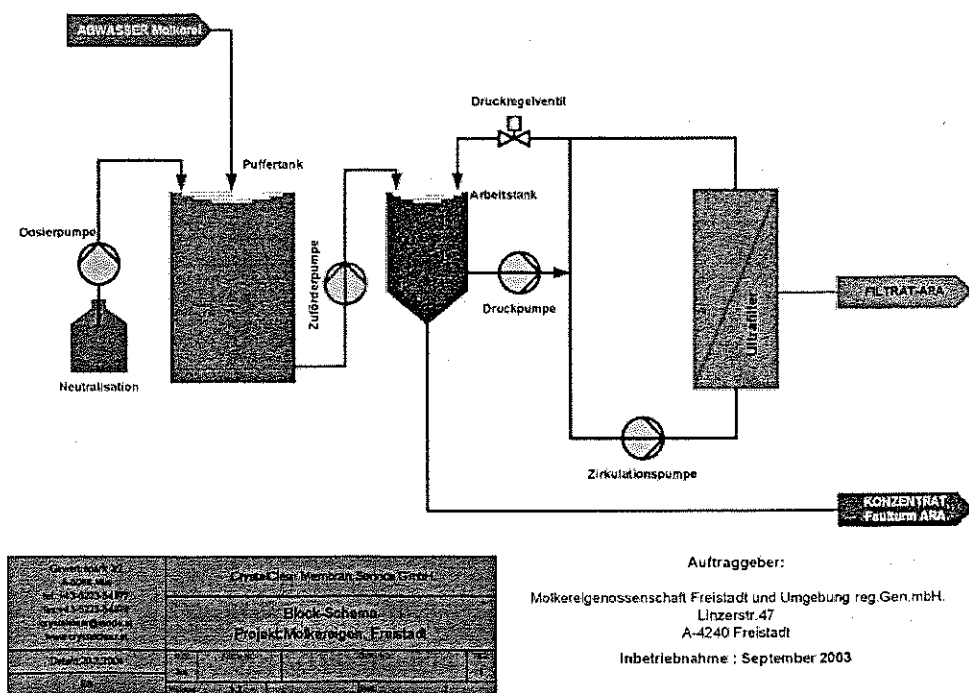


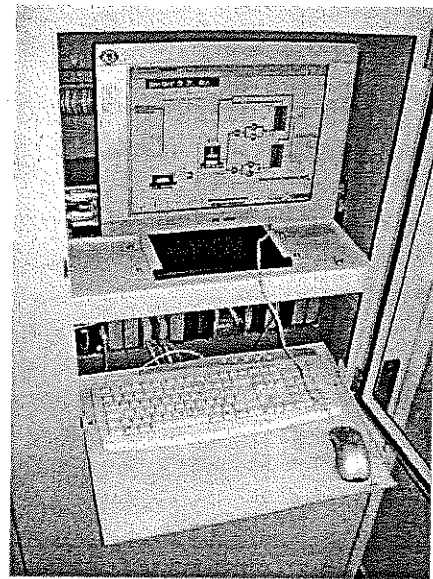
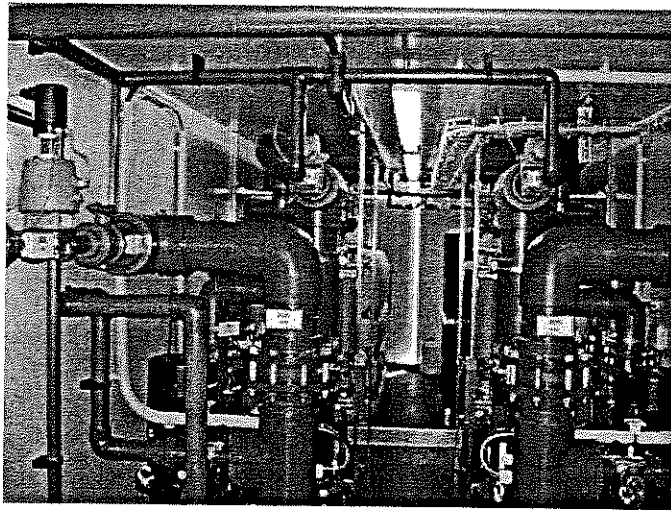
Bild 2: Blockschema

2.2 Technische Daten und Reinigungsleistung

Cross-flow Ultrafiltration mit Polymer-Hohlfaser Modultechnik

Rohwasseraufnahmeleistung	10m ³ /h
Reinwasserentnahmeverhältnis	max. 85%
Membranfläche total	272 m ²
cut-off/Membrantrenngrenze	30KD/0,03µm

Die Anlage ist in einem isolierten 40“ Container montiert. Die Betriebsdaten der vollautomatischen UF-Anlage werden mittels Prozessleittechnik visualisiert, aufgezeichnet und dokumentiert.



Bilder 3 und 4: Ultrafiltrationsanlage mit Prozessleittechnik

Wie die Ergebnisse der zahlreichen begleitenden Analytik in Form von Stich- und Tagesmischproben zeigen (siehe Analysen) liegen die Rückhaltewerte für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) bei >90% und für lipophile Stoffe bei >98% bis hin zur Nachweisgrenze.



Bild 5: UltraFiltrat und Endkonzentrat

Parameter	Enheit	Rohwasser UF	Filtrat UF	Reduktion
CSB	mg/l	6390	726	89%
Schwerfl.lipophile Stoffe	mg/l	177	<5	>97%

Parameter	Enheit	Tagesmischprobe Rohwasser UF	Tagesmischprobe Filtrat UF	Reduktion
CSB	mg/l	4972	446	>91%
Schwerfl.lipophile Stoffe	mg/l	1010	<16	>98%

Bild 6: Begleitende Analytik

Die gestellten Anforderungen, ein ökonomisch optimales Reinigungsverfahren mit hohem Rückhalt von lipophilen Stoffen und Organik, konnten erfüllt werden, indem in diesem innovativen Projekt bewährte Membrantechnik intelligent an der Schnittstelle Molkerei – Kläranlage implementiert wurde.

2.3 Invest- und Betriebskosten

Der Berechnung liegt die Auswertung der Betriebsergebnisse von September 2003 bis Jänner 2005 zugrunde.

Abwassermenge:	63.000 m ³ /a
	210 m ³ /d

2.3.1 Investitionskosten

Investition UF und Zubehör:	€ 400.000.-
Abschreibungsdauer:	15 Jahre
Zinssatz kalkuliert	5%

Jährliche Kosten für Tilgung und Verzinsung	38.837,- €/a
Spezifische Kosten pro m ³ Abwasser	<u>0,62 €/m³</u>

2.3.2 Energie-/Stromkosten

Kosten für die elektr. Energie	0,10 €/KW
Leistungsaufnahme	35KW
Tägliche Betriebsstunden	21 h/d
Jährliche Betriebstage	300 d/a

Kosten pro Jahr =	$0,10 * 35 * 21 * 300 =$	22.050,- €/a
Spezifische Kosten pro m ³ Abwasser		<u>0,35 €/m³</u>

2.3.3 Betriebsmittel

Membranreiniger	4,- €/kg
Membranreinigerbedarf	3600 kg/a
	bzw. 0,057 kg/m ³

Kosten pro Jahr =	$4,- * 3.600 =$	14.400,- €/a
Spezifische Kosten pro m ³ Abwasser		<u>0,23 €/m³</u>

2.3.4 Ersatzteile/Personalkosten

Membranersatzkosten & Ersatzteile	32.000,- €/a
Spezifische Kosten pro m ³ Abwasser	<u>0,51 €/m³</u>

DBU-Fachtagung „Membranverfahren in der Lebensmittelindustrie ..“, Osnabrück, 10./11.02.05

Eigenpersonalbedarf	2 h/d	
Stundensatz	30,- €/h	
Jährliche Betriebstage	300 d/a	
Kosten pro Jahr =	$2 * 30,- * 300 =$	18.000,- €/a
Spezifische Kosten pro m ³ Abwasser		<u>0,29 €/m³</u>

Gesamtjahreskosten		125.287,- €/a
Spezifische Gesamtkosten pro m ³ Abwasser		<u>1,99 €/m³</u>

Nicht in der Kostenaufstellung sind die Aufwände für die Ableitung der vorgereinigten Abwässer in die kommunale Kläranlage.

3 Cofermentation des fettreichen Retentates im Faulturm der kommunalen Kläranlage

Die Auftrennung des Abwasserstromes der Molkerei in ein nahezu fettfreies Permeat und in etwa 15 Vol% fettreiches Retentat dient einerseits zur Vermeidung der in der Vergangenheit immer wieder auftretenden Blähschlammproblematik in der aeroben Reinigungsstufe der Kläranlage und führt andererseits zu einer größeren Gasproduktion im Faulturm.

Unter Co-Fermentation oder auch Co-Vergärung wird eine gemeinsame anaerobe biologische Behandlung eines Hauptsubstrates, hier Klärschlamm der kommunalen Kläranlage, und eines Co-Substrates, hier das energiereiche Retentat der Membranfiltrationsanlage der Molkerei verstanden.

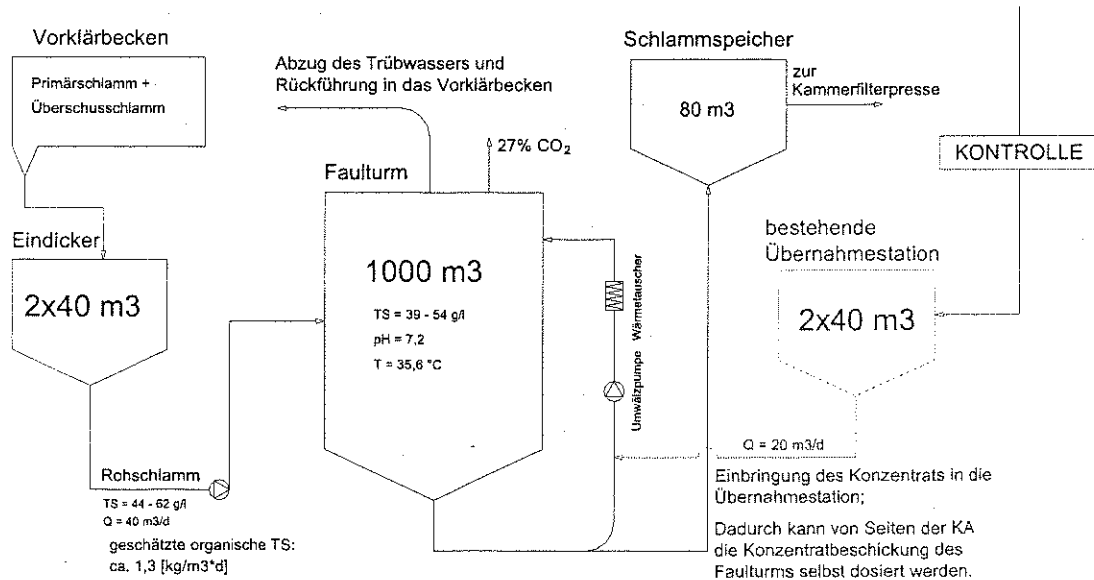


Bild 7: Schema der Schlammlinie der Molkerei Freistadt (Wachtveitl, 2004)

Die Förderung des Retentats erfolgt mit einer Kreiselpumpe in einer Druckleitung bis zu einem Übernahmespeicher mit 80 m³ im Areal der Kläranlage, wobei die Zudosierung in den Faulturm mit 1.000 m³ und einer hydr. Verweilzeit von 26 Tagen durch das Personal der Kläranlage gesteuert wird, um Belastungsspitzen zu vermeiden (siehe Schema).

Die Umstellungsphase der Biozönose im Faulturm dauerte etwa 3 Monate, anschließend war ein signifikanter Anstieg der Faulgasproduktion erkennbar (Wachtveitl, 2004).

Mittelwerte der anfallenden Biogasmenge:

Zeitraum	Gasanfall [l/EW.d]
Sept. – Dez. 2002	19,1 l/EW.d
Sept. – Dez. 2003 (Inbetriebnahmephase)	21,1 l/EW.d
April – Mai 2003	19,9 l/EW.d
April – Mai 2004 (Vollbetrieb)	28,3 l/EW.d

Die Auswertung zeigt, dass die spezifische Faulgasproduktion nach der Einleitung des Retentats in den Faulturm um ca. 40 % angestiegen ist!

Dabei ist festzuhalten, dass bereits zuvor das Molkereiabwasser zur Gänze in die Kläranlage abgeführt wurde, allerdings mit dem wesentlichen Unterschied, dass der fettreiche Anteil in der aeroben Reinigungsstufe oxidiert werden musste.

3.1 Energiebilanz Kläranlage Freistadt

Wird nun der Energieaufwand der Kläranlage vor und nach der Anlagenerrichtung gegenübergestellt, ergibt sich folgendes Bild.

3.1.1 Mengen und CSB Bilanz der Membranfiltrationsanlage

	Menge m ³ /d	CSB Konzentration mg/l	CSB Fracht kg/d
Rohwasser	210,0	5.000,0	1.050,0
Filtrat	178,5	500,0	89,3
Retentat	31,5	30.500,0	960,8

3.1.2 Energiegewinn durch Kofermentation

Energiegewinn im Faulturm			
spez. Gasanfall	350 l	Biogas/kgCSB	
Biogaseigenschaften		Zusammensetzung	
		CH ₄	68 Vol%
		CO ₂	27 Vol%
		Heizwert H _u	24,48 MJ/Nm ³
Gasanfall abs.	336,3 m ³ /d		
Energieinhalt	8.231,7 MJ/d		
	2.286,6 kWh/d		
Leistungsgewinn	95,3 kW		

3.1.3 Energieaufwand bei aerober Reinigung

Sauerstoffbedarf		1.234,0	kg/d
Luftbedarf		650,0	m ³ /h
Leistungsbedarf Zuluft		10,6	KW

Diese Berechnung bestätigt die praktisch nachgewiesene Gasertragssteigerung von 40 % und belegt, dass durch die Installation der Membranfiltrationsanlage bei der Kläranlage ein Energiegewinn von (rechnerisch) 105,9 kW erzielbar ist.

4 Schlussfolgerung

Österreich ist wasserreich.

Die großen natürlichen Ressourcen erschweren hierzulande das Abwasserrecycling. Selbst für „niedere“ Dienste, z.B. Bewässerungen oder Reinigungsaufgaben wird im Regelfall bestes Trinkwasser verwendet. Dies wird aufgrund der günstigen Trinkwasserpreise speziell im Lebensmittelbereich voraussichtlich noch länger so bleiben.

Mit anderen Worten, für Österreich erscheint ausschließlich die europäische Badegewässerrichtlinie als rechtliche Vorgabe zur weitergehenden Abwasserreinigung von Bedeutung, hier vor allem für den Bereich der kommunalen Abwässer.

Gänzlich anders gelagert ist die weltweite Situation.

Schon in Deutschland, England oder Frankreich sind beispielsweise entlang der großen Flüsse wie Rhein oder Seine abwechselnd Trink- und Abwasseraufbereitungsanlagen aufgereiht, die Interaktionen liegen auf der Hand und die Membrantechnik gewinnt zunehmend an Bedeutung, sowohl im Trink-, Prozess- als auch im Abwasserbereich.

Mit der Membranfiltrationsanlage der Molkerei Freistadt konnte großtechnisch die Machbarkeit der Aufspaltung des Waschwassers in eine fett- und CSB-reiche und eine CSB-arme Fraktion gezeigt werden.

Durch diese betriebliche Abwasservorreinigung der Molkerei wird einerseits in der Kläranlage die Blähschlammproblematik gelöst und andererseits ein stündlicher Energiegewinn von ca. 100 kWh erzielt.

Diesem Energiegewinn stehen der Leistungsbedarf der Membranfiltration von 35 kW gegenüber, so dass sich in Summe ein Nettonutzen der Installation von ca. 65 kW ergibt.

Anzumerken bleibt freilich, dass dieser Ertrag die Abwasservorreinigungskosten in der Höhe von ca. € 2,-/m³, die bei der Molkerei anfallen, nicht aufwiegen kann.