

E | A | G | E | N

Optimierung von Kläranlagen durch innovative Membrantechnik

TAGUNGSBAND



WEIZ, 27./28. OKTOBER 1998

„Kostenreduzierung und Leistungssteigerung durch den Einsatz von Membrantechnologie?“

Inhaltsübersicht

1 Einleitung	2
2 Grundlagen	3
2.1 Pilotversuche mit einer Zenon Versuchsanlage.....	3
2.2 Aachener Membrantechniktagungen.....	3
2.3 Daten zur Kläranlage der Stadt Weiz	3
3 Leistungssteigerung des Belebungsverfahrens durch den Einsatz von Membrantechnik?.....	3
3.1 Stand der Technik - ausgeführte Membrananlagen.....	4
3.2 Limitierung der volumetrischen Reinigungsleistung.....	6
3.3 Biologischer Überschußschlammanfall (Sekundärschlamm).....	6
3.4 Flächenbedarf.....	7
3.5 Prozeßstabilität.....	7
3.6 Optimierung durch Simulation des Systems Kanalisation - Kläranlage und Biozönose	7
3.7 Anpassung der Mikroorganismen durch Selektion im Membranbioreaktor.....	8
3.8 Ausnützung des eingebrachten Sauerstoffs	8
3.9 Rückhalt und biologische Zerstörung von Krankheitserregern	9
4 Kostenreduzierung durch den Einsatz von Membrantechnik?	10
4.1 Kosten für die herkömmliche Erweiterung	10
4.2 Kostenabschätzung für die Erweiterung mittels Membranverfahren.....	11
5 Zusammenfassung.....	12
6 Literatur.....	13

Autor:

DI Dr. Bernhard Mayr

EnviCare® Verfahrenstechnik

Plüddemangasse 54

8010 Graz

Österreich

Tel.: +43-316-483 222, Fax DW 48

e-mail: mayr.envicare@aon.at

1 Einleitung

Die organische Belastung im Abwasser, quantifizierbar über den Summenparameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), wird bereits seit dem Anfang dieses Jahrhunderts erfolgreich mit aeroben biologischen Verfahren reduziert. Die Entnahme von Ammonium und organischer Stickstoffverbindungen mit kombinierter aerober und anoxischer biologischer Behandlung wurde in den letzten Jahrzehnten entwickelt und bereits vielfach in die biologische Abwasserreinigung integriert.

Die klassische kommunale Abwasserbehandlung stößt gegenwärtig an die Grenzen technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit. Zunehmend wird von Fachleuten bezweifelt, ob die Anpassung an die neuen gesetzlichen Erfordernisse (Stickstoff- und Phosphorentfernung bzw. Abtrennung von Krankheitserregern) mit den üblichen Konzepten erreicht werden kann [Dorau, 1997].

Im Skriptum „Technischer Umweltschutz - Abwasser“ der TU Graz [Wolfbauer, 1981] steht auf Seite 82:

„Guter Belebtschlamm muß zwei Funktionen erfüllen:

1. Seine biochemische Leistungsfähigkeit und
2. seine Absetzbarkeit im Nachklärbecken müssen erhalten bleiben.

Die Faktoren, die für beide Funktionen verantwortlich sind, widersprechen sich jedoch. Biochemisch guter Belebtschlamm ist oberflächenreich und sehr stark wasserhaltig, mit kleinen Mengen an anorganischen Einlagerungen. Um gute Absetzbarkeit zu erreichen, benötigt man genau die umgekehrten Verhältnisse. In der Praxis wird man daher immer einen Kompromiß anstreben.“

Erstmals in Österreich wird bei der Kläranlage der Stadt Weiz nunmehr eine Mikrofiltration anstatt der sedimentativen Nachklärung erprobt. Mit dieser Technik versucht man den oben zitierten Widerspruch zu umgehen und die Anforderungen einer modernen Abwasserreinigung ökonomisch und ökologisch besser zu erfüllen.

Die bestehende biologische Kläranlage der Stadt Weiz mit einer Ausbaugröße von 25.000 Einwohnergleichwerten wurde Mitte der siebziger Jahre errichtet und muß in Kürze an die aktuellen Reinigungsziele angepaßt werden. Der Abbau organischer Substanzen verläuft durchaus zufriedenstellend, jedoch müssen aufgrund der aktuellen Bestimmungen auch andere Abwasserschadstoffe (hier im besonderen Stickstoff- und Phosphorverbindungen) eliminiert werden.

Bei Anwendung konventioneller Verfahren der Abwassertechnik verlangt dies neben notwendigen Neuanlagen (Pumpen, Belüftung, Räumern) im Regelfall mindestens eine Verdoppelung der Beckenvolumina [Aigner, 1998]. Dies führt zu wesentlichen Investitionen, die in Zeiten öffentlicher Budgetknappheit nur schwer zu finanzieren sind.

Mit dem Pilotprojekt soll überprüft werden, ob durch die neuen Technologien die geforderten Grenzwerte stabil einhaltbar sind und ob wesentliche Kostenersparnisse erzielbar sind.

2 Grundlagen

2.1 Pilotversuche mit einer Zenon Versuchsanlage

Die Fa. Rotreat Abwasserreinigung GmbH und das Planungsbüro des Autors führen in Kooperation mit der TU Graz (Inst. für Biotechnologie - Prof. Voss und Inst. für Regelungstechnik - Prof. Hofer) in Weiz das Forschungsvorhaben „Optimierung der Nitrat- und Phosphatreduktion durch den Einsatz von innovativen Membranverfahren und Regelungsstrategien bei bestehenden Kläranlagen ohne Volumsvergrößerung“ durch. Das Projekt wird finanziell durch den Forschungsförderungsfond der gewerblichen Wirtschaft (FFF) und durch das Land Steiermark unterstützt.

Im Rahmen dieses Seminars werden die ersten Zwischenergebnisse des Versuchsbetriebes durch Thomas Aigner [Aigner, 1998] präsentiert. Die Tests mit der Pilotanlage der Fa. Zenon werden bis Ende Oktober abgeschlossen, so daß die Endberichte Anfang des nächsten Jahres vorliegen werden.

2.2 Aachener Membrantechniktage

Die zweite wesentliche Quelle für die nachstehenden Ausführungen sind die Vorträge, die bei der 1. und 2. Aachener Membrantechniktage [Rautenbach et al., 1997, 1998] gehalten wurden.

2.3 Daten zur Kläranlage der Stadt Weiz

Die Daten der bestehenden Kläranlage sind einerseits dem Kläranlagenhandbuch und andererseits mündlichen Mitteilungen der Klärwärter entnommen. Weiters wurde der Wasserrechtsbescheid für den Ausbau der Kläranlage als Grundlage herangezogen.

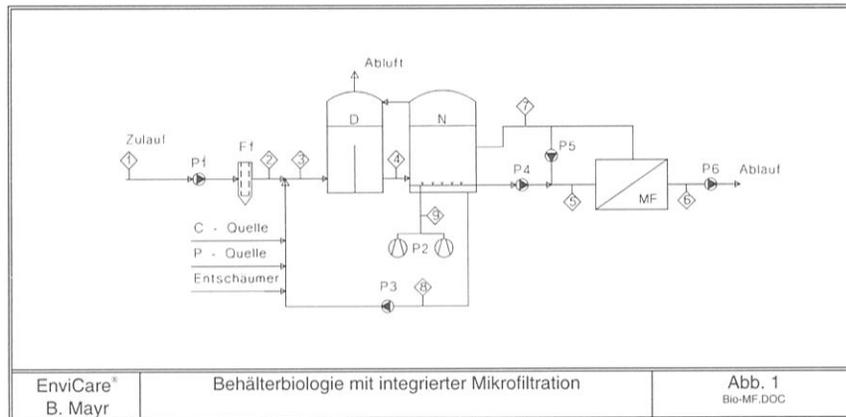
3 Leistungssteigerung des Belebungsverfahrens durch den Einsatz von Membrantechnik?

Bevor die Kosten zweier unterschiedlicher Reinigungsverfahren miteinander verglichen werden können, muß vorerst die Gleichwertigkeit geprüft werden. Die nachstehend angeführten Punkte zeigen, daß sich die konventionelle Klärtechnik deutlich von der neuen Membranbioreaktortechnik unterscheidet.

Die einzelnen Punkte werden (abgesehen von der Kostenfrage) im Einzelfall detailliert zu untersuchen und zu gewichten sein.

3.1 Stand der Technik - ausgeführte Membrananlagen

3.1.1 Membranbioreaktoren zur Reinigung von hochbelasteten Abwässern

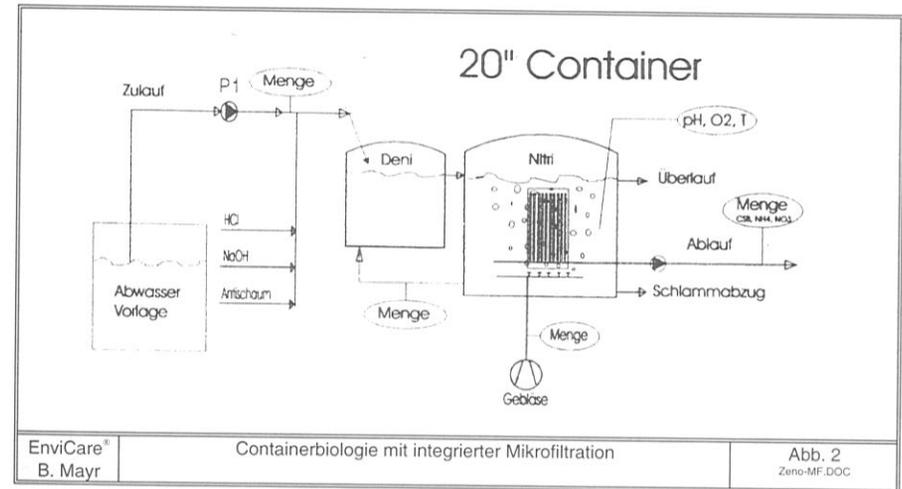


Anlagen dieses Typs werden europaweit seit ca. 1990 und in Österreich seit 1994 erfolgreich zur Reinigung von Deponiesickerwasser, zumeist als erster Aufbereitungsschritt vor einer Umkehrosmosenachbehandlung, eingesetzt.

Als Membrananlage finden Cross-Flow-Mikrofiltrationsmembrane Verwendung; diese weisen zwar einen relativ hohen spezifischen Energiebedarf (2,5 - 10 kWh/m³) auf, der jedoch aufgrund der geringen Abwassermenge (<200 m³/d) kostenmäßig im Vergleich zu den Abschreibungen kaum ins Gewicht fällt. Umgelegt auf kommunale Anwendungen würden sich aber bei Cross-Flow-Anlagen zu hohe Energiekosten ergeben.

Diese Behälterbiologien werden zum Teil seit Jahren ohne Überschußschlammabnahme betrieben. Die erzielbaren TS-Gehalte erreichen 40 g/l, die Arbeitstemperaturen liegen bei Werten größer 30 °C. In einem Fall mußte aufgrund der starken biologischen Wärmeentwicklung und aufgrund der mechanisch eingebrachten Energie (Belüftung, Mikrofiltration) eine Kühlanlage nachgerüstet werden [Mayr, Rothschedl, 1998].

3.1.2 Kommunale Kläranlagen der Fa. Zenon GmbH [Möslang 1998]



A) Mount Washington, Kanada

1996 wurde eine Anlage für einen Skiort mit einer Durchsatzleistung von 550 m³/d in Betrieb genommen. Als Besonderheit sind einerseits die hohen Anforderungen an das gereinigte Abwasser (es wird als Brauchwasser wiederverwendet) und andererseits die starken Belastungsschwankungen aufgrund der aktuellen Besucherzahlen zu nennen.

B) Westbrook, USA

Ebenfalls 1996 wurde eine Anlage für 80 m³/d installiert. Aufgrund der Wasserknappheit und da kein geeigneter Vorfluter existiert, wurde die Anlage errichtet. Das gereinigte Abwasser wird als Brauchwasser verwertet, der Trinkwasserbedarf damit auf ca. 70 % reduziert.

C) Pilotanlagen Markranstädt und Immenstaad, Deutschland

Seit 1997 werden zwei Pilotanlagen für 40 m³/d Durchsatzleistung erprobt. Erste Ergebnisse wurden kürzlich in Aachen präsentiert (Rautenbach et al., 1998).

D) Anlage für 3.000 EW

Beim Erftverband/Deutschland wird derzeit die erste größere Zenon Kläranlage für kommunales Abwasser in Rödigen errichtet. Mit der Inbetriebsetzung ist für Anfang 1999 zu rechnen. Die Durchsatzleistung beträgt 135 m³/h.

3.1.3 Kommunale Kläranlagen des Anbieters B [Kraft, 1998]

Dieser Anbieter errichtete die erste kommunale Kläranlage mit getauchten Membranen bereits 1989 und seither insgesamt 71 Anlagen, vorwiegend in Japan. Die größte Anlage verfügt über eine Durchsatzleistung von 6.000 m³/d bzw. ca. 530 m³/h.

3.2 Limitierung der volumetrischen Reinigungsleistung¹

Konventionelle Klärtechnik

Konventionelle Kläranlagen sind durch den Trockensubstanzgehalt (TS) aufgrund der Sedimentation des Belebtschlammes im Nachklärbecken limitiert. In Abhängigkeit von der Charakteristik der einzelnen Kläranlage liegen die erzielbaren TS-Gehalte zwischen 2 und 6 g/l. Wird die Kläranlage bei höheren TS-Gehalten betrieben, kommt es zum Schlammabtrieb und der damit verbundenen Beeinträchtigung des Vorfluters.

Membranbioreaktoren

Durch den Ersatz des Nachklärbeckens durch eine Mikrofiltrationsmembran werden alle Abwasserinhaltsstoffe > 0,2 µm zurückgehalten. Schlammpartikel können daher nicht ins Permeat (d.h. gereinigtes Abwasser) gelangen. Die Sedimentation des Schlammes (oder der Schlammabtrieb) limitiert somit nicht mehr den Trockensubstanzgehalt im Klärvolumen, höhere Schammgehalte haben keine negative Auswirkung - im Gegenteil - es finden pro Volumseinheit ein Vielfaches an Mikroorganismen Platz. TS-Gehalte bis 20 g/l können bei getauchten Membransystemen problemlos stationär betrieben werden, bei Cross-Flow-Systemen werden TS-Gehalte bis 40 g/l erzielt.

Bei Membranbioreaktoren (20 g/l) reicht daher - grob überschlagen - 1/4 des Bauvolumens einer konv. Kläranlage (5 g/l) aus, um die gleiche Reinigungsleistung zu erzielen.

3.3 Biologischer Überschußschlammanfall (Sekundärschlamm)

Konventionelle Klärtechnik

Anlagen die auf Nitrifizierung ausgelegt sind, weisen üblicherweise eine Überschußschlammproduktion von etwa 0,4 kg_{TS}/kg_{CSB} auf.

Membranbioreaktoren

Bei den Versuchen mit der Pilotanlage in Weiz mußte bisher noch kein Überschußschlamm entnommen werden. Allerdings wird für die Analytik täglich eine geringe Schlammmenge entnommen, so daß mit einem Anfall von etwa 0,05 kg_{TS}/kg_{CSB} zu rechnen ist.

¹ Anmerkung: Nicht das Volumen reinigt das Abwasser - sondern die Mikroorganismen!

3.4 Flächenbedarf

Konventionelle Klärtechnik

Am Beispiel der Anpassung der Kläranlage der Stadt Weiz [Aigner, 1998] wird veranschaulicht, daß die konventionelle Erweiterung zu einem zusätzlichen Flächenbedarf für die Becken von etwa 3.000 m² führt.

Membranbioreaktoren

Im Fall der Nachrüstung von Membrantechnik werden keine neuen Becken benötigt, vielmehr wird Bauvolumen (-fläche) für Regenüberlaufbecken gewonnen.

3.5 Prozeßstabilität

Konventionelle Klärtechnik

Starke hydraulische Schwankungen (Regenereignis) können zu einer Unterschreitung der mindestens erforderlichen Verweilzeit im Nachklärbecken und damit zu Schlammabtrieb führen. Aus Gründen der Gewährleistung der Abflußqualität muß daher besonders bei Mischsystemkanalisation stets darauf geachtet werden, daß der TS-Gehalt (Schlammindex) im optimalen Bereich liegt.

Schwankungen der Belastung (CSB und/oder Stickstoff) können bei modernen Kläranlagen gut abgefedert werden, bewirken aber eventuell Schwimmschlammbildung. Bei regelungstechnisch nicht überwachten Systemen können Zulaufkonzentrationsänderungen direkt eine Beeinträchtigung der Ablaufqualität bewirken.

Membranbioreaktoren

Die Durchsatzleistung der Membranstufe kann zwar kurzfristig sogar fast verdoppelt werden, bei Mischsystemen ist jedoch trotzdem eine optimale Anpassung der Kanalisation und der Einbau von entsprechend angepaßten Regenentlastungsvorrichtungen erforderlich, da ansonsten der Flächen- und damit Investkostenbedarf zu hoch liegen würde. Für die Dimensionierung wird an dieser Stelle auf moderne rechnergestützte Methoden verwiesen [Allplan, 1998].

Schwimmschlammbildung als Folge von Belastungsschwankungen beeinträchtigt aufgrund der Mikrofiltration die Ablaufqualität nicht. Vorrichtungen zur Schaumbekämpfung können im Einzelfall erforderlich werden, wobei der Einsatz von Entschäumern nicht das Mittel der Wahl sein sollte.

3.6 Optimierung durch Simulation des Systems Kanalisation - Kläranlage und Biozönose

Derzeit werden an zahlreichen Hochschulen Forschungsprogramme zu diesem Themenkomplex durchgeführt, wobei zumeist ein Teilbereich untersucht wird. Die Betrachtung des Gesamtsystems steckt allerdings derzeit noch in den Kinderschuhen, der Forschungsbedarf und wahrscheinlich das Kosteneinsparungspotential sind nach Ansicht des Autors beträchtlich, dies besonders im Zusammenhang mit der hier vorgestellten Membrantechnik.

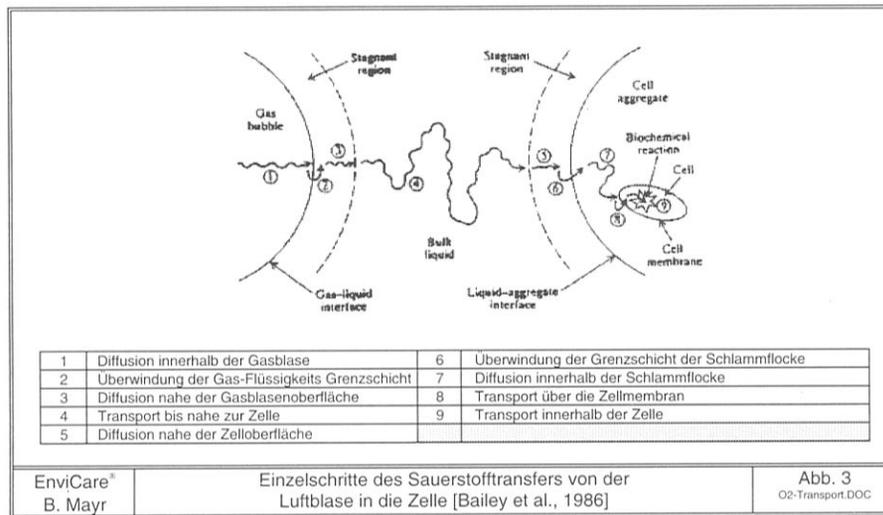
3.7 Anpassung der Mikroorganismen durch Selektion im Membranbioreaktor

Die Abbauleistung von schwer abbaubaren und z.T. auch toxischen Substanzen sind in Membranbioreaktoren deutlich höher, so daß z.B. die Auslegung von Anlagen zur Deponiesickerwasserreinigung auf dem Parameter CSB und nicht BSB₅ basiert. Beispielsweise werden bei der Biologie in Halbenrain 85 % des CSB abgebaut, während der BSB₅ lediglich etwa 35 % davon beträgt [Mayr, 1994].

Die Versuche in Weiz belegen ebenso eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit der optimal adaptierten Biozönose [Aigner, 1998].

3.8 Ausnützung des eingebrachten Sauerstoffs

Die Eintrag des eingebrachten Sauerstoffs in die Belebung einer Kläranlage hängt von zahlreichen Faktoren ab. Betrachtet man den Vorgang detailliert, ergeben sich neun Einzelschritte des Sauerstoffübergang von der Luftblase zum Mikroorganismus (Abb. 3):



Verfahrenstechnisch versucht man die von der Luft an das Wasser übertragene Sauerstoffmenge über folgende Gleichung vereinfachend zu erfassen [Moser, 1981]:

$$OTR = k_L a \cdot (O^* - O_e) - OUR$$

- OTR Oxygen Transfer Rate
- OUR Oxygen Uptake Rate
- $k_L a$ Stofftransportkoeffizient, flüssigkeitsseitig
- O^* Sauerstoffkonzentration bei Sättigung
- O_e maximale Sauerstoffkonzentration im Gleichgewicht

Die in Abb. 3 dargestellten neun Einzeleinflüsse und sämtliche anderen physikalischen Faktoren (Einblastiefe, Viskosität, Mischungsverhältnisse, Blasengröße, Leistungseintrag etc.) werden nunmehr über den Parameter $k_L a$ erfaßt. Je höher der $k_L a$ -Wert, desto geringer muß die eingebrachte Luftmenge sein, oder mit anderen Worten, desto besser ist die Sauerstoffausnützung. Tab. 3 zeigt eine Übersicht.

Typ	Minimum	Maximum
Abwasser, Oberflächenbelüftung	5	30
Abwasser, Boden-Blasenbelüftung ²	20	80
Blasensäule mit Bodendispersion	30	100
Rührkessel mit Bodendispersion	100	500
Airlift- bzw. Schlaufenreaktoren	30	200
Injektorbelüftete Bioreaktoren	80	300
Tauchstrahlbioreaktoren	200	1000

EnviCare®
B. Mayr

k_La Werte in Bioreaktoren [1/h] - [Mayr, 1993]

Tab. 3
k_La-Vergleich.DOC

Jedenfalls scheint bei der Prozeßbelüftung noch erheblicher Optimierungsbedarf gegeben, da die Werte für die Sauerstoffeintragsgeschwindigkeit am unterem Ende der Bandbreite liegen.

3.9 Rückhalt und biologische Zerstörung von Krankheitserregern

Durch Membranfiltrationsanlagen lassen sich die Forderungen der EU-Badegewässerrichtlinie [RL-Badewasser] erfüllen, während dies bei konventionellen Kläranlagen nur durch Nachschaltung von Sandfiltration und Entkeimung (Ozon/UV o.ä.) möglich ist.

² Messungen an der Großanlage haben $k_L a$ Werte von etwa 6 [1/h] ergeben und liegen damit unter der erwarteten Bandbreite für ein Abwasseranlage mit Bodenblasenbelüftung. Die Messungen werden daher nochmals wiederholt, die Ergebnisse werden im Endbericht präsentiert werden.

4 Kostenreduzierung durch den Einsatz von Membrantechnik?

Die nachstehende überschlägige Kostenschätzung ist in vielen Punkten noch nicht genügend abgesichert, sie soll in erster Linie als Diskussionsgrundlage dienen.

4.1 Kosten für die herkömmliche Erweiterung

Laut Standardkostensätze der Landesregierung Steiermark ergibt sich pro EGW ein Kostenwert für die Errichtung einer Kläranlage größer als 10.000 EGW von 4200 Schilling. Wobei 60 %, d.h. 2520,- ÖS der Kosten im baulichen Bereich und 40 %, d.h. 1680,-, im maschinellen Bereich anfallen. Die Schlammensorgung wird mit 136,- /EGW angegeben.

Im Falle der Kläranlage Weiz soll eine bauliche Erweiterung auf 30.000 EGW durchgeführt werden. Da die bestehende Anlage ein Beckenvolumen von 2.639 m³ besitzt und die geforderte Erweiterung ein Volumen von 12.477 m³ betragen würde, ergibt sich ein Differenzvolumen von 10.177 m³, das entspricht etwa 80 % des geplanten Beckenvolumens.

Da auch das Betriebsgebäude weitergenutzt werden kann, wird mit einem Kostenprozentsatz für die Erweiterung von 60 % der Neuerrichtungskosten gerechnet.

$$30.000 * 2.520,- * 0,6 = 75.600.000,- * 0,6 = 45.360.000,-$$

Da ein Teil der Maschinen weiterverwendet werden kann, wird mit einem Kostenprozentsatz von 50 % der Neuerrichtungskosten für die Erweiterung gerechnet.

$$30.000 * 1.680,- * 0,5 = 50.400.000,- * 0,5 = 25.200.000,-$$

1. Investitionskostensumme	<u>70.560.000 öS</u>	
1.1 Anlagentechnik sonst. (15a)	25.200.000 öS	
1.2 Bautechnik	45.360.000 öS	
1.3 Infrastruktur	0 öS	
2. Betriebskosten jährlich	<u>14.086.390 öS</u>	variable Kosten
	fixe Kosten	
2.1 Kapitaldienst Anlagentechnik	9.344.790 öS	4.741.600 öS
15 Jahre 7,0% Zinsen	2.766.825 öS	
2.2 Kapitaldienst Bautechnik und Infrastruktur	3.892.365 öS	
25 Jahre 7,0% Zinsen		
2.3 Wartung, Reparatur	756.000 öS	
3,0% Anlage	226.800 öS	
0,5% Bau	1.350.000 öS	
2.4 Personal	352.800 öS	
3,0 Mann		
2.5 Versicherung		
0,5% Invest		
2.6 Chemikalien		204.000 öS
2.7 Strom		457.600 öS
1,60 öS/kWh		
2.8 Schlammensorgung		4.080.000 öS
30.000 EGW		
3. Spezifische Behandlungskosten	<u>6,40 ÖS/m³</u>	
Zulaufmenge	2.200.000 m ³ /Jahr	
6.027,4 m ³ /Tag		
EnviCare® B. Mayr	Kosten für die konventionelle Erweiterung	Tab. 4

4.2 Kostenabschätzung für die Erweiterung mittels Membranverfahren

Die Membrankosten betragen gemäß einem Richtoffert etwa 25.500.000,-.

Es ist kaum eine bauliche Erweiterung durchzuführen, damit können diese Kosten mit 5.000.000,- angenommen. Gleichzeitig ist es möglich, Kosten im maschinellen Bereich zu sparen.

Genauere Abschätzung ist aufgrund noch nicht detaillierten Planung nicht möglich, daher rechnet man überschlägig mit **15.000.000,-**.

Die Schlammensorgungskosten verringern sich voraussichtlich um etwa 30 %, da weniger Überschussschlamm anfällt.

Zusätzlich wurden die Stromkosten und Chemikalienkosten für die Membrantechnik [Rautenbach et al., 1997] eingerechnet.

1. Investitionskostensumme	<u>45.500.000 öS</u>	
1.1 Anlagentechnik 6a (Membran)	25.500.000 öS	
Anlagentechnik sonst. (15a)	15.000.000 öS	
1.2 Bautechnik	5.000.000 öS	
1.3 Infrastruktur	0 öS	
2. Betriebskosten jährlich	<u>15.327.865 öS</u>	variable Kosten
	fixe Kosten	
2.1 Kapitaldienst Anlagentechnik	10.243.265 öS	5.084.600 öS
6 Jahre 7,0% Zinsen	5.349.793 öS	
15 Jahre 7,0% Zinsen	1.646.919 öS	
2.2 Kapitaldienst Bautechnik und Infrastruktur		
25 Jahre 7,0% Zinsen	429.053 öS	
2.3 Wartung, Reparatur	1.215.000 öS	
3,0% Anlage		
0,5% Bau	25.000 öS	
2.4 Membranersatz		
2.5 Personal	1.350.000 öS	
3,0 Mann		
2.6 Versicherung	227.500 öS	
0,5% Invest		
2.7 Chemikalien		468.600 öS
2.8 Strom		1.760.000 öS
1,60 öS/kWh		
2.9 Schlammensorgung		2.856.000 öS
30.000 EGW		
3. Spezifische Behandlungskosten	<u>6,97 ÖS/m³</u>	
Zulaufmenge	2.200.000 m ³ /Jahr	
6027,4 m ³ /Tag	251,1415525	
EnviCare® B. Mayr	Kosten für die Erweiterung mit Membrantechnik	Tab. 5

12 Mio

5 Zusammenfassung

Als Zwischenergebnis des Forschungsvorhabens läßt sich festhalten, daß die neue Technik der Membranbioreaktoren auch für kommunale Anwendungen schon heute interessant ist.

Daß diese Technik jetzt noch in den Betriebskosten über konventionellen Klärverfahren liegt, wird im Einzelfall durch die erzielbaren Vorteile (siehe Kapitel 3) aufgewogen. Die Kosten für die Membrananlage liegen höher, da die Abschreibung der Membrane im Berechnungsbeispiel in Kapitel 4.2 auf 6 Jahre erfolgt. Da aber die Zukunft längere Standzeiten bzw. eine deutliche Kostensenkung der Membrane erwarten läßt, werden diese Verfahren wahrscheinlich rentabler werden.

Bei höher belasteten industriellen und gewerblichen Abwässern (CSB > 1.500 mg/l) ist dieser Reinigungstypus schon heute kostengünstiger als Anlagen mit Nachklärbecken.

Weiters ist zu beachten, daß mit diesem Verfahren viel wertvolles Bauland gespart wird und daß die Schlammensorgung durch Deponierung ab dem Jahr 2004 aufgrund der Deponieverordnung untersagt und damit teurer wird!(?)

Zurückkommend auf den in der Einleitung angesprochenen Gegensatz konventioneller Kläranlagen zwischen biologischer Leistungsfähigkeit und Absetzbarkeit des Schlammes erschliessen die Membranbioreaktoren die volle Abbauleistung der Biozönose, allerdings unter der Voraussetzung einer Prozeßkontrolle gemäß dem Stand der Technik.

In diesem Zusammenhang ist nochmals auf die Bedeutung der integrierten Betrachtung des Gesamtsystems Kanalisation (mit den angeschlossenen Indirekteinleitern) - Kläranlage - Mikroorganismen hinzuweisen.

6 Literatur

- Aigner T.: Versuchsbericht: Einsatz einer Membranbiologie zur Reinigung des Abwassers der Stadt Weiz
Beitrag in diesem Tagungsband, Weiz 1998
- Allplan GmbH: Bewirtschaftung und Steuerung von Kanalnetzen
Seminar Wien, 26.5.1998
- Bailey J.E., Ollis D.F.: Biochemical engineering fundamentals (2 ed.)
Mc-Graw Hill, 1986
- Dorau W.: Führt der klassische Weg der Abwasseraufbereitung in die Sackgasse?
in: Rautenbach R. et al: Möglichkeiten und Perspektiven der Membrantechnik
Tagungsband zur 1. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik
Aachen, 30.6 - 1.7.1997
- Kraft A. et al.: Biologie mit getauchten Membranen - Ausführungsbeispiele und Betriebserfahrungen
in: Rautenbach R. et al: Membrantechnik in der öffentlichen Wasseraufbereitung und
Abwasserbehandlung
Tagungsband zur 2. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik
Aachen, 15.-16. September 1998
- Mayr B.: Biologische Sickerwasserreinigung
in: Tagungsband zum 1. Österreichischen Sickerwasserseminar, Judenburg, 7./8.10.1993
- Mayr B.: Behälterbiologie BIOJET mit nachgeschalteter Umkehrosmose
in: Tagungsband zum 2. Österreichischen Sickerwasserseminar, Bad Gleichenberg, 22./23.9.1994
- Mayr B., Rothschedl R.: Abfallwirtschaftliche Anlagen in Österreich
Vortrag bei der 1. Aachener Tagung der Enviro Consult, Aachen, 29/30. September 1998
- Moser A.: Bioprozeßtechnik
Springer Verlag, Wien, 1981
- Möslang H.: Erfahrungen aus dem Betrieb von ZenoGem - Kompaktkläranlagen und Umsetzung einer 3.000
EW Anlage
in: Rautenbach R. et al: Möglichkeiten und Perspektiven der Membrantechnik
Tagungsband zur 1. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik
Aachen, 30.6 - 1.7.1997
- Rautenbach R. et al: Möglichkeiten und Perspektiven der Membrantechnik
Tagungsband zur 1. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik
Aachen, 30.6 - 1.7.1997
- Rautenbach R. et al: Membrantechnik in der öffentlichen Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung
Tagungsband zur 2. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik
Aachen, 15.-16. September 1998
- RL-Badewasser: Richtlinie über die Qualität der Badegewässer, 76/160/EWG
- Wolfbauer O.: Technischer Umweltschutz - Abwasser TU Graz, Inst. für Verfahrenstechnik, 1981