

# KohleNusbaumer

Schlussbericht März 2003

## **Molke-Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk für die Molkerei Lataria Engiadinaisa SA, Bever**



**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Auftragnehmer:**

KohleNusbaumer, Rue A. Daucourt 12, 2800 Delémont

**Autoren:**

Dr. Oliver Kohle

Hervé Nusbaumer

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energie und Umwelt“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist alleine die Studiennehmerin verantwortlich.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) · [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

Vertrieb: BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern · [www.bbl.admin.ch/bundespublikationen](http://www.bbl.admin.ch/bundespublikationen)

Bestellnummer 805.xxx d / 00.00 / 0000

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Analyse aktuelle Molkeentsorgung der LESA .....</b>	<b>5</b>
2.1	Beschreibung der Molkeentsorgung.....	5
2.2	Wirtschaftlichkeit der Molkeentsorgung.....	5
2.2.1	Kosten Umkehrosmose .....	6
2.2.2	Lagerkosten Kühltürme .....	6
2.2.3	Transportkosten.....	6
2.2.4	Abwasserkosten.....	6
2.2.5	Sonstige Kosten.....	7
2.2.6	Zusammenfassung Kosten der aktuellen Molkeentsorgung der LESA .....	7
2.3	Umweltwirkung der Molkeentsorgung .....	8
2.3.1	Gewässerbelastung.....	8
2.3.2	Frischwasserverbrauch.....	8
2.3.3	Transport per Strasse.....	9
2.3.4	Verbrauch elektrischer Energie .....	9
<b>3</b>	<b>Alternative Verwertung der LESA-Molke per Biogasprinzip.....</b>	<b>10</b>
3.1	Verwertung der Molke in separater Biogasanlage.....	11
3.1.1	Wirtschaftlichkeit .....	11
3.2	Verwertung der Molke durch Cofermentation in der Ara Sax .....	11
3.3	Wirtschaftlichkeit der Molke-Verwertung in der Ara Sax .....	12
3.3.1	Auswirkungen Kosten LESA .....	12
3.3.2	Einsparungen Molkeentsorgung LESA.....	12
3.3.3	Wirtschaftlichkeit LESA.....	12
3.3.4	Auswirkungen auf die Ara Sax.....	13
3.3.5	Kosten BHKW .....	13
3.3.6	Kosten Schlamm Entsorgung .....	13
3.3.7	Kosten Faulturm.....	13
3.3.8	Gesamtkosten .....	14
3.3.9	Wertschöpfung Elektrizität.....	14
3.3.10	Wirtschaftlichkeit Ara Sax.....	14
3.4	Umweltwirkung des alternativen Entsorgungspfad .....	15
3.4.1	Bilanz Elektrizität.....	15
3.4.2	Bilanz Gewässerbelastung und Frischwasserverbrauch .....	15
3.4.3	Bilanz Transport.....	15
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>17</b>

# 1 Einleitung

Die Milchwirtschaft ist in der Schweiz ein traditionell bedeutender Wirtschaftszweig aufgrund ihrer speziellen geographischen Struktur. Schweizer Käse ist weit über die Grenzen der Schweiz hinaus ein Begriff mit hohem Bekanntheitsgrad. Bei der Käseproduktion werden Biomasse wie Gras und andere Futtermittel über den « Bioreaktor » Milchkuh in Milch umgewandelt, die in einer Molkerei zum Endprodukt Käse veredelt wird. Dem Rohstoff Milch werden im Prozess der Käseherstellung Eiweiss und Fett entzogen, die verbleibende Molke enthält vor allem den Milchzuckeranteil. Die kohlenhydratreiche Molke kann auf verschiedene Art und Weise weiter verwertet werden, so zum Beispiel als Rohstoff für verschiedene Getränke, getrocknet als Pulver zur Nahrungsmittelergänzung, konzentriert als Zusatzfutter für die Schweinemast, als Ausgangsmaterial für die Alkoholsynthese oder verwandte chemische Produkte.

Die direkte Entsorgung via Einleitung in die Kanalisation einer Kläranlage ist in aller Regel unwirtschaftlich, weil der Sauerstoffbedarf für den biologischen, aeroben Abbau bereits bei kleineren Käsereien wie der Lataria Engiadinaisa SA leicht Einwohnergleichwerte vergleichbar einer Kleinstadt übersteigen kann.

Im Gegensatz dazu kann der anaerobe bakterielle Abbau von Molke in einem geschlossenen Behälter unter Entzug von Sauerstoff attraktiv sein, weil der Energiegehalt des Milchzuckers hoch ist, und sich Biogas in einem Blockheizkraftwerk thermisch und elektrisch einfach verwerten lässt. Der Abbau des Milchzuckers in einem Fermenter zur Biogasproduktion ist geruchsfrei und kann auch über Cofermentation, d.h. zusammen mit Biomasse anderen Ursprungs erfolgen.

Die Art der Verwertung hängt in der Schweiz und in anderen Ländern primär von den wirtschaftlichen Ausgangsbedingungen ab, die von der Betriebsgrösse, Rohstoffkosten, Transportkosten und weiteren Faktoren beeinflusst werden. Diese Rahmenbedingungen hängen nicht nur vom einzelnen Land ab, sondern stark von den lokalen Gegebenheiten.

Unsere Studie hat als Ausgangspunkt die Lataria Engiadinaisa SA in Bever mit einer jährlichen Molkeerzeugung von ca. 4,3 Mio. kg. Die LESA – höchstgelegene Molkerei Europas - liegt nahe St. Moritz in einem touristisch intensiv erschlossenen Tal.

Die energetische Verwertung der Molke durch Umwandlung des Milchzuckers in Biogas ist an diesem Standort nicht nur von rein wirtschaftlichem Interesse. Ökologische Begleiteffekte wie die Reduzierung der aufwändigen Molke-Transporte per Strasse oder die Erzeugung von umweltfreundlichem Strom stehen ganz oben auf der Prioritätenliste.

## 2 Analyse aktuelle Molkeentsorgung der LESA

### 2.1 Beschreibung der Molkeentsorgung

Die seit Jahren praktizierte Entsorgung der LESA-Molke geschieht durch Konzentration per Umkehrosmose, anschliessenden Abtransport nach Chur und anschliessender Verfütterung in der Schweinemast. Die ca. 35°C warme Molke aus der Käseproduktion mit einem ursprünglich Lactosegehalt von 5 % wird je nach Frischwassereintrag durch Nachspülen auf etwa 4,5 % verdünnt. Sie enthält Restmengen an MilCHFett und Eiweiss und wird in einem Kühlturm zunächst als Fettmolke auf 15°C gekühlt und gelagert. Zum Schutz der Membranen der Umkehrosmoseanlage wird dann per Zentrifuge weiter Restfett entzogen, und die resultierende Magermolke in einen zweiten Kühlturm geleitet. Vom diesem Kühlturm wird die Magermolke in die Umkehrosmoseanlage gepumpt, die durch Entzug von Wasser bis zu einem Lactosegehalt von ca. 13 % aufkonzentriert; eine Menge von 1000 l Magermolke ergibt ca. 330 l Konzentrat und 670 l Permeat. Das Konzentrat wird bis zum Abtransport per LKW in einem dritten Kühlturm gelagert, das Permeat in die Abwasserkanalisation eingeleitet. Der Konzentrationsprozess durch Umkehrosmose bringt Vorteile in der Schweinefütterung, ausserdem werden Transport- und Lagervolumen der Molke auf ein Drittel reduziert.



Bild 1 : Umkehrosmoseanlage der LESA mit Druckpumpen (im Bild unten)

### 2.2 Wirtschaftlichkeit der Molkeentsorgung

Die Kosten, die durch die Entsorgung der LESA-Molke anfallen sind im folgenden nach ihrer Entstehung aufgliedert. Wichtige Einflussfaktoren stellen die Lagerung, der aufwändige Konzentrationsprozess der Molke und die Transportkosten dar, die zudem steigende Tendenz aufweisen. Einen nicht zu unterschätzender Faktor repräsentiert die Abwasserproblematik, die im Jahr 2003 bei Beibehaltung des derzeitigen Entsorgungspfades gemäss Verursacherprinzip mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem starken Anstieg der Abwasserkosten der LESA führen wird.

**2.2.1 Kosten Umkehrosmose**

Investition	500'000	
Amortisation 10 Jahre, p.a.		50'000
Verzinsung 5 %, 250'000, p.a.		12'500
Summe		Fr. 62'500

Betriebskosten, p.a.		
Stromkosten 0,17 Fr./kWh, 17 kW, 20 h/Tag, 200 Tage		11'560
Sonstiger Unterhalt		6'000
Membranen		14'000
Summe		Fr. 31'560

*Gesamtsumme Kosten Umkehrosmose, p.a.* *Fr. 94'060*

**2.2.2 Lagerkosten Kühltürme**

Investition, 2 Kühltürme	200'000	
Amortisation 10 Jahre, p.a.		20'000
Verzinsung 5 %, 100'000, p.a.		5'000
Summe		Fr. 25'000

Kühlwasserkosten, p.a.		
Frischwasser Fr. 0,37/m <sup>3</sup> 2,5 l/l Molke		3'978
Abwasser Fr. 1,20/m <sup>3</sup> 2,5 l/l Molke		10'200
Summe		Fr. 14'178

Sonstige Betriebs- und Unterhaltskosten, p.a. 5'000

*Gesamtsumme Lagerkosten, p.a.* *Fr. 44'178*

**2.2.3 Transportkosten**

*Transportkosten, p.a.* *Fr. 20'195*

**2.2.4 Abwasserkosten**

*Kosten Abwasser, Permeat, Molke etc., ab 2003, p.a.* *Fr. 50'000*

### Erläuterung zu den Abwasserkosten

Die Abwasserentsorgung der stark sauerstoffzehrenden Molke ist kostenintensiv. Die Kapazität der Abwasserreinigungsanlage Sax ist zudem auf die Einleitung grösserer Mengen Molke nicht ausgelegt. Durch Konzentration der Molke per Umkehrosmoseanlage und dem Abtransport der Molke vermeidet die LESA deshalb eine direkte Einleitung in die Kanalisation.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass auch das Permeat aus der Umkehrosmose, welches in die Kanalisation geleitet wird, nicht unerhebliche Mengen an organischer Fracht enthält. Zum anderen hängt das gewählte Entsorgungssystem vom reibungslosen Funktionieren der beteiligten Anlagen und des Transportsystems ab. Durch Einleiten überschüssiger Molke in die Kanalisation aufgrund von Kapazitätsengpässen und Betriebsstörungen in der LESA können erhebliche Lastspitzen in der Ara Sax erzeugt werden. Eine Betriebsstörung kann beispielsweise der teilweise oder komplette Ausfall der Umkehrosmoseanlage sein, welche kurzfristig zu einem Lager- und Transportengpass führen kann. Dieses Betriebsrisiko schlägt sich zusätzlich zu den betriebsbedingten Einleitungen ins Abwassernetz auf die Einstufung der LESA als Kostenstelle für die Ara Sax nieder, die unerklärbar hohe Frachten im Zulauf Bever aufgrund der gewerblichen Struktur der Gemeinde Bever auf hohe Zulauffrachten der LESA zurückführt. Die tatsächlichen zusätzlichen Abwasserkosten für die LESA werden mittels Messungen in der LESA im Jahre 2003 ermittelt werden. Beim Betrachten der bisherigen Analysen im Abwasserzulauf Bever der Ara Sax beispielsweise im Februar 2003 fällt auf, dass ungewöhnlich hohe CSB-Werte vorliegen. Aufgrund dieser Messwerte lassen sich zusätzlichen zukünftigen Abwasserkosten der LESA als voraussichtlich erheblich, d.h. in einem Bereich von Fr. 50'000 schätzen.

Gelingt es, wie später in dieser Studie vorgeschlagen, die Einleitung von Permeat und Molkerückständen vollständig zu unterdrücken, sollte die LESA nur eine relativ unbedeutender Kostenträger sein. Die zusätzliche Kostenbelastung liesse sich zum grossen Teil oder vollständig vermeiden.

#### 2.2.5 Sonstige Kosten

Weitere Kosten sind z.B. das Zentrifugieren der Fettmolke zur Umwandlung in Magermolke

*Sonstige Kosten p.a., geschätzt*

*Fr. 2'000*

#### 2.2.6 Zusammenfassung Kosten der aktuellen Molkeentsorgung der LESA

Umkehrosmose	94'060
Lagerung	44'178
Transport	20'195
Abwasser	50'000
Sonstiges	2'000
<i>Summe Kosten, p.a.</i>	<i>Fr. 210'433</i>

Für den derzeitig praktizierten Entsorgungspfad der LESA-Molke ergeben sich Gesamtkosten von Fr. 210'433 pro Jahr.

## 2.3 Umweltwirkung der Molkeentsorgung

Die derzeitig praktizierte Molkeentsorgung der LESA führt zu verschiedenen Belastungen der Umwelt. Diese Umweltverschmutzung kann in Belastungsarten wie Gewässerverschmutzung, Frischwasserverbrauch, Transport und Energieverbrauch unterteilt werden.

### 2.3.1 Gewässerbelastung

- Die betriebsbedingte Einleitung von höheren Abwassermengen in die Ara Sax erfolgt vor allem in der touristischen Hauptsaison im Januar, Februar und März, zu Spitzenzeiten, in denen die Kläranlage bereits unter hoher Kapazitätsauslastung steht.
- Es besteht das Risiko sehr hoher Belastungen bzw. einer Überlastung der Belebungsbecken der Ara Sax durch eine Betriebsstörung in der Umkehrosmoseanlage. Dieses Risiko ist vor allem in Zeiten saisonal hoher Auslastung der Ara Sax hoch, weil die Umkehrosmoseanlage in dieser Periode aufgrund grosser Molkemengen ebenfalls zeitlich stark belastet ist.
- Die Einleitung grosser Frischwassermengen in die Ara Sax durch den Kühlwasserbedarf für die Molkelagerung ist ungünstig für die Schadstoffemissionen in den Vorfluter. Der Kühlwasserzufluss reduziert die Verweilzeit in den Belebungsbecken und bedingt eine Erhöhung der Ablaufmenge um 11'000 m<sup>3</sup> pro Jahr, vor allem in Zeiten hoher Auslastung.

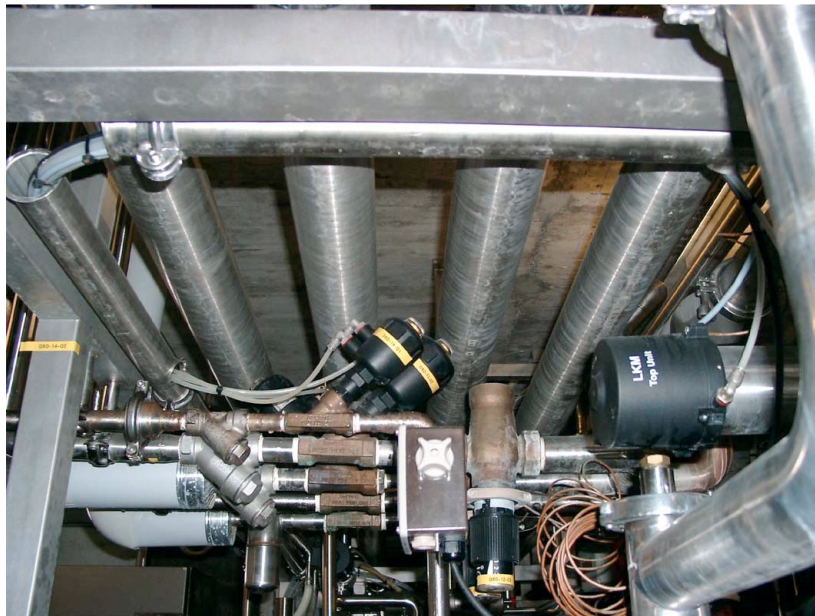


Bild 2 : Blick auf die Druckröhren der Umkehrosmoseanlage

### 2.3.2 Frischwasserverbrauch

- Der Frischwasserverbrauch zur Kühlung der Molke beträgt ca. 11'000 m<sup>3</sup>/a.



### **2.3.3 Transport per Strasse**

- Lange Transportwege per LKW nach Chur über hochgelegene Pässe zum Transport von 1'500 t Molkekonzentrat pro Jahr bedeuten einen beträchtlichen Energieverbrauch und in der Folge eine erhebliche Luftverschmutzung durch Dieselabgase.

### **2.3.4 Verbrauch elektrischer Energie**

- Der elektrische Verbrauch der Umkehrosmosepumpen bewegt sich in einer Grössenordnung von 80'000 kWh pro Jahr, entsprechend dem durchschnittlichen Verbrauch von 27 Haushalten à 3000 kWh. Zu diesem Verbrauch addieren sich weitere Verbraucher wie Zentrifuge und Pumpen in der LESA, sowie ein erhöhter Bedarf für die Luftpumpen der Belebungsbecken in der Ara Sax.

### 3 Alternative Verwertung der LESA-Molke per Biogasprinzip

Bezüglich der Molke-Verwertung zu Biogas existiert in der Schweiz noch sehr wenig Erfahrung. Auch in den verschiedenen Ländern der Europäischen Union, die zunehmend in grossem Ausmass erneuerbare Energien fördern, liegen aufgrund der jungen Fördergesetze in diesem Bereich noch relativ wenig Erfahrungen vor. In Österreich wird der Bau einer ersten reinen Molke-Biogasanlage für Ende 2003 geplant. Bei diesem Verfahren wird anaerob, d.h. unter Sauerstoffentzug der Milchzucker von Bakterien zuerst zu organischen Säuren und anschliessend zu einem Gemisch aus Methangas und Kohlendioxid abgebaut. Das erzeugte Biogas kann nach Entzug von Wasser und Schwefelwasserstoff in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärme Gewinnung genutzt werden. Molke kann in einer Biogasanlage getrennt von anderen Stoffen fermentiert, oder nach dem Prinzip der Cofermentation, d.h. zusammen mit anderen organisch abbaubaren Stoffen verwertet werden. Bei der getrennten Verwertung entstehen keinerlei pathogene Keime, der anfallende Schlamm ist völlig unbedenklich und kann im Gegensatz zu Klärschlamm problemlos als Dünger verwendet werden.

Im Falle der LESA befindet sich in einer Entfernung von ca. 800 m bereits die Biogasanlage der Ara Sax. Beim Betrieb anfallende organische Schlämme werden in einem Faulturm zu Biogas umgewandelt. Die Molke der LESA könnte für die Cofermentation und Biogaserzeugung mittels direkter Einbringung in der Faulturm der Ara Sax genutzt werden. Die Voraussetzungen für die Cofermentation sind bei einem Vergleich der Betriebsgrössen der LESA und der Ara Sax günstig.



Bild 3 : Ara Sax mit Vorklärbecken, Belebungsbecken und Betriebsgebäude mit Faulturm, Stapelraum und BHKW. Die aufsteigende « Rauchfahne » weist auf das in Betrieb befindliche BHKW hin.

## 3.1 Verwertung der Molke in separater Biogasanlage

### 3.1.1 Wirtschaftlichkeit

Investitionskosten einer Biogasanlage	
Bau inklusive Behälter	450'000
Elektromechanische Ausrüstung	260'000
Blockheizkraftwerk 100 kW	190'000
Summe	Fr. 900'000
Betriebs- und Unterhaltskosten p.a.	
Elektromechanische Ausrüstung	26'000
Bauinstandhaltung	36'000
Wartung Blockheizkraftwerk	3'000
Sonstige Kosten	5'000
Summe	Fr. 70'000

Es ergeben sich jährliche Kosten (Kapital-, Betriebs- und Unterhaltskosten) bei einer Amortisation der Anlage in 15 Jahren im Bereich von Fr. 150'000. Dazu kommen optional der Bau einer zusätzlichen Reinigungsstufe (Kosten ca. Euro 100'000) oder zusätzliche Abwasserkosten durch Einleitung in die Ara Sax. Es ergeben sich so geschätzte Gesamtkosten von Fr. 160'000 – 180'000 pro Jahr.

Im Gegenzug entsteht Elektrizität im Wert von ca. Fr. 30'000 und eine Wärmeäquivalent von etwa 26'000 l Heizöl. Die Wärme könnte im Falle der LESA voraussichtlich nicht genutzt werden, weil bereits genügend Abwärme durch die Abwärmeproduktion der Kühlaggregate bereit steht.

Die effektive Kosten unter Abzug der Einnahmen liegen im Bereich von ca. Fr. 130'000 - 150'000 pro Jahr, und sind damit niedriger als für den derzeitigen Entsorgungspfad. Wirtschaftlich ungünstig wirkt sich die relativ geringe Betriebsgrösse der LESA aus, und die Tatsache, dass die Produktionsmengen saisonal stark schwanken. Bau und Betrieb einer eigenen Anlage der LESA sind aufgrund der mangelnden Erfahrung mit reinen Molke-Biogasanlagen bezüglich der Kosten mit einigen Unsicherheiten behaftet.

## 3.2 Verwertung der Molke durch Cofermentation in der Ara Sax

Aus vielfältigen Gründen ist eine Verwertung der LESA-Molke in der Ara Sax dem Bau einer separaten Biogasanlage für die LESA vorzuziehen. Eine Einbringung der Molke in den Faulturm der Ara Sax stellt nicht nur auf den ersten Blick die ökonomisch und ökologisch interessantere Lösung dar. Die Molke ist für die Cofermentation als Substrat gut geeignet, weil energiereich und leicht abbaubar, und kann anähernd mit Idealtemperatur direkt in den Faulturm eingebracht werden. Bereits der bestehende Faulturm kann zumindest ausserhalb der saisonalen Spitzenzeiten in den Frühlings-, Sommer- und Herbstmonaten erhebliche Mengen Molke aufnehmen.

Das gleiche gilt für die Kapazitätsreserve der Gasmotoren, denn selbst in den Monaten der Hochsaison können die Gasmotoren die zur Zeit produzierte Gasmenge aufnehmen; es muss derzeit zu keinem Zeitpunkt Gas abgepackelt werden. Die Einleitung grosser und belastender Abwasser- und Frischwassermengen in das Abwassersystem der Ara Sax kann entfallen, weil die Molke nach der Entstehung in der LESA ohne jeglichen Kühl- und Verarbeitungsaufwand direkt in den Faulturm eingebracht werden kann.

Das Volumen des Faulturms der Ara Sax ist mit  $460 \text{ m}^3$  relativ gross im Vergleich zur anfallenden Molkemenge, die durchschnittlich  $11 \text{ m}^3$  pro Tag oder umgerechnet 2,4 % des Gesamtvolumens beträgt. In Spitzenzeiten entstehen bis zu  $35 \text{ m}^3$  Molke pro Tag, allerdings nur an den jeweiligen Produktionstagen. Die Molke ist ein « saures » Substrat, welches durch schnellen Abbau nach kurzer Zeit eine unerwünscht starke pH-Erniedrigung zeigt. Aufgrund der Anwesenheit anderer Substrate und bereits abgebauter Molke, die eine günstige Pufferung aufweist, sollte dieser Umstand keine Probleme bereiten.

Eventuell notwendige zusätzliche Investitionen für die Faulturmvergrösserung oder das Blockheizkraftwerk der Ara Sax zur kompletten Aufnahme der Molke liegen weit unter dem Investitionsbedarf für eine zusätzliche Biogasanlage. Auch die anteiligen Kosten der Molkeentsorgung für den Betrieb und Unterhalt der Anlage in der Ara Sax fallen gering aus. Der Wartungs- und Überwachungsaufwand bleibt annähernd konstant.

Die Wertschöpfung des durch das Blockheizkraftwerk erzeugten Stroms abzüglich des zusätzlichen Kostenaufwandes ergibt sogar mit einiger Wahrscheinlichkeit eine mehr als ausgeglichene wirtschaftliche Bilanz.

### 3.3 Wirtschaftlichkeit der Molke-Verwertung in der Ara Sax

Aus wirtschaftlichen Überlegungen ist es wichtig, die gesamte anfallende Molke der LESA im Faulturm der Ara Sax zu verwerten. Dadurch wird unter anderem die Schliessung der gesamten Molkenachbehandlung inklusive Umkehrosmose der LESA möglich. Die nachfolgende Berechnung der Wirtschaftlichkeit geht von einer vollständigen Einbringung der Molke in den Faulturm der Ara Sax aus.

#### 3.3.1 Auswirkungen Kosten LESA

*Transportkosten, p.a.*

*Fr. 10'000*

Durch die Entsorgung entstehen der LESA nur Kosten durch LKW-Transport. In einem zweiten Schritt kann die Wirtschaftlichkeit einer direkten Leitung geprüft werden.

#### 3.3.2 Einsparungen Molkeentsorgung LESA

*Einsparungen, p.a.*

*Fr. 210'000*

#### 3.3.3 Wirtschaftlichkeit LESA

*Differenz Kosten der Entsorgungspfade, p.a.*

*Fr. 200'000*

Zu den eingesparten Fr. 200'000 für den neuen Entsorgungspfad können sich weitere Einmaleffekte in Höhe von Fr. 100'000 – 300'000 aus dem Verkauf der Umkehrosmoseanlage und Einsparungen durch die Umnutzung zweier Kühltürme ergeben.

### 3.3.4 Auswirkungen auf die Ara Sax

Wie sind in diesem Zusammenhang die Auswirkungen auf die Ara Sax zu beurteilen ? Der Abbaugrad der Molke ist wegen der langen Aufenthaltszeit in Faulturm und Stapelraum voraussichtlich hoch, die zusätzliche Belastung der Belebungsbecken der Ara Sax gering. Die Ammoniumeinleitung in die Belebungsbecken entspricht mit einer Konzentration von 500 – 600 mg Ammonium pro Liter Molke oder 2,4 t Ammonium pro Jahr nur ca. 5 % der in die Ara Sax eingeleiteten Ammoniummenge. Durch den Wegfall des Kühlwasserbedarfs der LESA und damit der Frischwassereinleitungen in die Kanalisation kann die von der Ara Sax in den Vorfluter abgegebene Ammoniummenge im Endeffekt sogar reduziert werden.

Der anaerobe Abbau der Molke führt im Gegensatz zum aeroben Abbau nur zu einer sehr geringen zusätzliche Schlamm Bildung, weil nur 3 – 5 % der Trockensubstanz der Molke in Schlamm-Trockenmasse umgewandelt werden. Durch die zusätzliche Biogasproduktion von ca. 118'000 m<sup>3</sup> pro Jahr kann die jetzige Elektrizitätsproduktion von ca. 106'000 kWh verdoppelt bis verdreifacht werden. Kapazitätsengpässe bei den bestehenden Motoren aufgrund der gesteigerten Gasmenge sind zu erwarten, für den Versuchsbetrieb stellt ein Abfackeln des überschüssigen Biogases allerdings kein Hindernis dar. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte ein neuer Gasmotor mit höherem Wirkungsgrad angeschafft werden, falls grössere Gasmengen abefackelt werden müssten, damit der Grossteil des Biogases effizient zu Elektrizitätserzeugung genutzt werden kann. Unabhängig davon wird ein Ersatz der Gasmotoren aus Verschleissgründen in ca. zwei Jahren auf jeden Fall notwendig.

### 3.3.5 Kosten BHKW

Blockheizkraftwerk neu, 100 kW	
Investition	200'000
Amortisation 10 Jahre	20'000
Verzinsung 5 %, 100'000	5'000
Betriebs- und Unterhaltskosten	2'000
Summe	Fr. 27'000

*Anteilige Kosten LESA, 50%, p.a.* *Fr. 13'500*

### 3.3.6 Kosten Schlamm Entsorgung

*Kosten Schlamm Entsorgung, p.a., 8,6 to, Fr. 190/to TS.* *Fr. 1'634*

### 3.3.7 Kosten Faulturm

Vergösserung Faulturm, Kosten anteilig, p.a.	
Investition	100'000
Amortisation 10 Jahre	10'000
Verzinsung 5 %, 50'000	2'500
Summe	Fr. 12'500

*Kosten Faulturm, p.a.* *Fr. 12'500*

### 3.3.8 Gesamtkosten

*Gesamtsumme Kosten Ara Sax, p.a.*

*Fr. 27'634*

Die Gesamtkosten müssen durch die Wertschöpfung aus der Elektrizitätserzeugung korrigiert werden.

### 3.3.9 Wertschöpfung Elektrizität

*Gewinn Elektrizitätsproduktion, p.a., Fr. 0,135/kWh*

*Fr. 31'050*

Zusätzlich muss geprüft werden, inwieweit eine Reduzierung der Kosten für Spitzenlast durch die wesentlich höhere Stromproduktion möglich ist. Das mögliche Einsparpotential pro Jahr liegt bei über Fr. 20'000.

### 3.3.10 Wirtschaftlichkeit Ara Sax

*Differenz Wertschöpfung und Kosten, p.a.*

*Fr. 3'416*

Die Wertschöpfung aus der zusätzlichen Elektrizitätsproduktion übersteigt die durch die Molkeverwertung ausgelösten Kosten trotz der Annahme zusätzlicher Investitionen in das BHKW und den Faulturm.



Bild 4 : Für den Bau einer Molke-Leitung zwischen der LESA und Ara Sax müssen Strasse und Bach unterquert werden

## 3.4 Umweltwirkung des alternativen Entsorgungspfades

Durch die Änderung des Entsorgungspfades kommt es zu einer erheblichen Umweltwirkung. Nicht nur der Verbrauch fossiler Energieträger und von Elektrizität werden vermieden, sondern zusätzlich Energie erzeugt. Zudem ergibt sich eine günstiger Einfluss auf Wasserverbrauch und Wasserreinhaltung.

### 3.4.1 Bilanz Elektrizität

Reduktion Verbrauch Umkehrosmose, p.a.	80'000 kWh
Erzeugung BHKW, Molke, p.a.	230'000 kWh
Wirkungsgradverbesserung, p.a.	20'000 kWh
Summe Elektrizität, p.a.	330'000 kWh

Die Elektrizitätsmenge von 330'000 kWh entspricht dem Verbrauch von 110 Haushalten. Der Zugewinn durch Installation eines BHKW mit höherem Wirkungsgrad aufgrund besserer Verwertung des bereits jetzt in der Ara Sax erzeugten Biogases wird auf 20'000 kWh geschätzt.

Der Eigendeckungsgrad der Ara Sax am Stromverbrauch von zur Zeit ca. 22 % kann mit dem zusätzlich durch die Molke erzeugten Biogas deutlich gesteigert werden. Unter Annahme der Installation eines neuen BHKW mit höherem Wirkungsgrad kann eine Grössenordnung erreicht werden, die bei 3/4 des Stromverbrauchs der Ara Sax von 477'000 kWh pro Jahr liegt. Die zusätzliche Elektrizität fällt vor allem in den Wintermonaten an.

### 3.4.2 Bilanz Gewässerbelastung und Frischwasserverbrauch

Zusätzlich anfallende Abbauprodukte wie Ammonium und nicht vollständig abgebaute organische Belastungen aus der Molkeverwertung im Faulturm erhöhen die Belastung der Belebungsbecken der Ara Sax. Auf der anderen Seite ist aufgrund der reduzierten Einleitung der LESA eine deutliche Abnahme der Belastung am Einlauf Bever zu erwarten.

Insgesamt wird voraussichtlich eher eine Verminderung der Schadstoffemissionen der Ara Sax durch stark reduzierte Belastungswerte am Einlauf Bever und durch eine um 9'000 m<sup>3</sup> pro Jahr reduzierte Wasser-Einleitmenge erwartet. Der Gesamtausstoss der Ara Sax in den Vorfluter von ungefähr 1,4 Mio. m<sup>3</sup> vermindert sich um eine Grössenordnung von 0,6 %. Das Risiko hoher Belastungen bzw. einer Überlastung der Ara Sax durch Betriebsstörungen in der LESA fällt weg.

### 3.4.3 Bilanz Transport

Es ergibt sich eine Reduktion des Energieverbrauchs und der Umweltverschmutzung durch aufwändige LKW-Transporte um über 95 %, im Falle des Baus einer Leitung zwischen LESA und Ara Sax sogar um 100 %.

## 4 Zusammenfassung

Der aktuelle Entsorgungspfad der LESA-Molke ist mit erheblichen Kosten verbunden, die sich um ca. Fr. 210'000 pro Jahr bewegen. Wichtigste Kostenverursacher sind die Umkehrosmoseanlage mit Zwischenlagerung, die Abwasserentsorgung und der Transport.

Die derzeitige Entsorgung bedeutet eine beträchtliche Umweltbelastung durch den hohen Frischwasserverbrauch, die Gewässerbelastung durch Einleitung von Frischwasser und Permeat in die Kanalisation und durch Betriebsstörungen der Umkehrosmoseanlage, sowie die aufwändigen Transporte des Molkekonzentrats via LKW.



Bild 5: Drei der vier Kühltürme werden zur Zeit für die Molkeentsorgung benötigt, für Fettmolke, Magermolke und Konzentrat. Der vorgeschlagene Entsorgungspfad via Ara Sax ermöglicht die Umnutzung zweier Kühltürme : Es wird nur noch ein Kühlturm als Zwischenlager für Fettmolke benötigt, eine Kühlung ist allerdings nicht nur unnötig, sondern sogar unerwünscht

Eine attraktive Alternative zur derzeitigen Verwertung besteht in der Einbringung der Molke in die Biogasanlage der Ara Sax. Dieses Verwertungskonzept beinhaltet die Stilllegung der Umkehrosmoseanlage. Das Einsparpotential für die LESA beträgt jährlich über Fr. 200'000, weil der gesamte bisherige Aufwand für Konzentrieren, Lagerung und Transport völlig entfällt oder stark reduziert wird.

Zu diesen direkten Einsparungen kommen weitere finanzielle Begleiteffekte: Die geplanten Investitionskosten von Fr. 100'000 im Jahr 2004 für die Anschaffung eines Kühlturms können um ca. Fr. 60'000 reduziert werden, indem einer der drei Kühltürme, die durch die Molkeentsorgung blockiert sind, umgebaut wird. Zusätzliche Einmaleffekte können sich durch den Verkauf der Umkehrosmoseanlage und die Umnutzung eines weiteren Kühlturms ergeben.

Die Folgekosten für die Ara Sax durch die Einbringung der Molke in den Faulturm werden wahrscheinlich selbst bei Annahme zusätzlicher Investitionen durch die Wertschöpfung der Elektrizitätsproduktion ausgeglichen. Die Betriebsrisiken, die sich aus möglichen Betriebsstörungen in der LESA und der Einleitung extrem belastender Frachten in die Ara Sax ergeben, entfallen. Die reduzierten Frischwassereinleitungen wirken sich günstig auf die Reinigungsleistung der Kläranlage aus.



## 5 Anhang

Folgendes Datenmaterial wurde freundlicherweise von Herrn Feller, Geschäftsführer der LESA, zur Verfügung gestellt :

- Berechnung der Kosten für die Molkeentsorgung der LESA

Folgendes Datenmaterial wurde freundlicherweise von Herrn Ellemunter, Betriebsleiter der Ara Sax, zur Verfügung gestellt :

- Wassermengen und Zulauffrachten Januar 2002, Verteiler nach Gemeinden : CSB-Frachten, Ammonium-Frachten, Gesamtstickstoff-Frachten, BSB5-Frachten und Phosphor-Frachten
- Gashaushalt und Entsorgung, Betriebsrapport Sarinera Sax, Januar – Dezember 2002
- Gas und Strom, Sarinera Sax : Auswertungsperiode 2002
- Stromhaushalt, Jahresrapport Sarinera Sax 2002
- Betriebsstunden elektrische Verbraucher, Sarinera Sax, Auswertungsperiode 2002

Wir bedanken uns bei Herrn Feller, LESA, und Herrn Ellemunter, Ara Sax für die Kooperation und die umfangreichen Auskünfte.

Dank gilt dem Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung dieser Studie.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) · [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

BBL Bestellnummer 805.xxx d / 00.00 / 0000