

Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirtschaftsing. (FH)
Harald Wolf, MSc
Hauptstraße 76, 85579 Neubiberg
Tel.: 089/45666742
e-mail: harald.wolf @wolf-ingenieure.com

Angepaßte Techniken zur Abwasserbehandlung in Lateinamerika

Zusammenfassung

Trotz einzelner Anstrengungen wurden 2000 nur ca. 11% der Abwässer Südamerikas geklärt. Diese Situation kann nur durch „angepaßte“ Verfahren, die nicht als minderwertiger sondern als den Bedürfnissen und Möglichkeiten angepaßt verstanden werden dürfen, gelöst werden. Kläranlagen die nicht funktionieren gibt es genügend.

Klärlagunen erfüllen diese Ziele. Die Erfahrungen vorhandener Lagunen sind oft positiv, wenn sie richtig geplant und gebaut sind. Sie sind oftmals auch nicht die optimale Lösung. Belebtschlammanlagen in Erdbauweise oder aufwärtsdurchströmte anaerobe Schlammbettreaktoren in Verbindung mit Klärteichen sind eine gut geeignete Lösung zur Industrie- und zur kommunalen Abwasserreinigung.

Spezifischen Kosten werden angegeben.

Abwasserbehandlung in Lateinamerika

Als 1991 in Peru nach über hundert Jahren Cholera ausbrach und in den Folgejahren fast den gesamten amerikanischen Kontinent überzog /5/, wurde das Ausmaß der Mißstände offensichtlich. In fast allen Ländern Lateinamerikas wurden Programme aufgelegt um die Wasserver- und Abwasserentsorgung zu verbessern.

In Medellín, Kolumbien, wurde Dezember 1999 eine vollbiologische Kläranlage in Betrieb genommen zur Sanierung des Río Medellín. In São Paulo sollen bis 2005 die Abwässer von etwa 1,2 Mio. zusätzlich angeschlossener EW gereinigt werden sollen. In Curitiba, Brasilien, gemeinhin ein Muster für Umweltschutz in Lateinamerika, werden ca. 43% der Abwässer (2002) erfaßt, 1996 waren es nur 30%. In ländlichen Regionen sind Investitionen getätigt worden um die Situation der Abwasserbeseitigung und -behandlung zu verbessern.

In letzter Zeit geht auf dem Gebiet der Abwasserbeseitigung die Tendenz eindeutig zu Konzessionsvergaben in den unterschiedlichen Ausgestaltungen für Finanzierung, Bau und Betrieb. Aguas Andinas, an der Aguas de Barcelona und Ondeo beteiligt sind, plant für Santiago de Chile bis 2010 das gesamte Abwasser der etwa 5 Mio. EW in drei großen Belebtschlamm-Kläranlagen vollbiologisch zu klären. Die erste Anlage, El Trebal, für 4,4 m³/s ausgelegt, behandelt etwa 23% der Abwassermenge Santiagos. La Farfana, für 8,8 m³/s geplant soll ab 2004 50% der Abwassermenge behandeln, Los Nogales soll ab 2008 die restlichen 27% reinigen. /3/ In Buenos Aires betreibt seit 1993 Aguas Argentinas, an der Ondeo, Aguas de Barcelona, Vivendi und Anglian Water beteiligt sind, biologische Kläranlagen in denen 2000 aber nur rund 7% des Abwassers behandelt wurden /12/.

Die derzeitige Situation und der weitere Bedarf läßt sich am ehesten in der vergleichenden Gegenüberstellung der Tabelle 1 mit Zahlen von Ende 2000 darstellen. Hier zeigt sich wo der zukünftige Bedarf in Südamerika liegt.

Abwassernutzung

Oft wird Abwässer direkt oder indirekt zur Bewässerung in der Landwirtschaft herangezogen. In der Klärlagune Campo Espejo in Mendoza, Argentinien wird seit 1996 in 36 Lagunen auf 278 ha_{Wasserfläche} das Abwässer von ca. 600.000 EW aus dem Großraum Mendoza gereinigt. Der gesamte Ablauf wird über eine Bewässerungsorganisation auf extra ausgewiesenen Feldern zur Bewässerung verwendet /2/.

Entlang des Río Rocha in Bolivien leiten viele Ansiedlungen ihre Abwässer un- oder mangelhaft geklärt ein. Die Stadt Cochabamba besitzt eine überlastete Klärlagunenanlage. Trotz

hoher Keimbelastung wird das Wasser des Río Rocha zur Bewässerung und Viehtränke genutzt /3/. Nicht von ungefähr ist in Bolivien die Kindersterblichkeit mit über 40 pro 1000 Lebendgeborenen /12/ erschreckend hoch.

	Bevölkerung		Total			Stadt			Land		
	Stadt	Land	Kanal ¹	KA ²	ohne ⁴	Kanal*	in situ ³	ohne ⁴	Kanal*	in situ ³	ohne ⁴
	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.	Mio.
Argentinien	32,48	4,10	24,51	2,45	12,07	17,77	10,99	3,73	0,04	1,91	2,14
Bolivien	4,77	3,18	2,23	0,67	5,72	2,15	1,77	0,84	0,08	1,05	2,06
Brasilien	126,77	35,02	76,85	7,69	84,94	74,90	45,06	8,09	1,96	16,58	16,48
Chile	12,72	2,20	11,50	1,92	3,42	11,39	0,48	0,85	0,11	1,95	0,14
Franz. Guayana	0,12	0,03	0,05	0,00	0,10	0,04	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01
Guayana	0,18	0,57	0,06	0,03	0,69	0,06	0,12	0,01	0,00	0,46	0,11
Kolumbien	28,72	12,05	24,55	2,65	16,22	22,55	5,31	0,86	2,00	4,15	5,90
Paraguay	2,91	2,50	0,38	0,00	5,02	0,38	2,49	0,03	0,00	2,48	0,02
Peru	16,97	7,83	13,08	0,00	11,72	11,37	3,82	1,78	1,71	1,35	4,73
Surinam	0,30	1,30	0,00	0,00	1,60	0,00	0,29	0,00	0,00	0,73	0,57
Uruguay	2,92	2,95	2,71	2,08	3,16	1,48	1,31	0,14	0,06	2,43	0,46
Venezuela	18,89	2,21	12,11	1,21	8,99	11,79	1,63	5,46	0,32	0,74	1,16
321,68	247,75	73,94	168,02	18,70	153,66	153,87	73,33	21,81	6,28	33,83	33,79

- 1 Personen mit Kanalanschluß
- 2 gesammelte Abwässer, die einer Reinigung zugeführt werden
- 3 eine Abwasserbehandlung erfolgt auf dem Gelände, Hauskläranlagen
- 4 keinerlei Abwasserentsorgung

Tabelle1: Abwasserbehandlung in Südamerika /12/

Grundsätzlich ist die Abwassernutzung eindeutig positiv zu bewerten, da der Wasserkreislauf relativ nah geschlossen werden kann und wertvolle Nährstoffe erhalten bleiben. Mutterboden stellt bekanntermaßen eine äußerst wirksame Reinigungsstufe für Abwasser dar.

Angepaßte Verfahren

„Angepaßte“ Verfahren werden oftmals als minderwertiger interpretiert, während technische Kläranlagen den „gewissen Reiz“ des Fortschritts besitzen, auch wenn sie für Entwicklungsländer oftmals ungeeignet sind. Lateinamerikanische Erfahrungen zeigen dies leider all zu oft. /9/

Angepaßte, einfache Abwasserbehandlung darf aber nicht mit weniger wirksam mißverstanden werden, vielmehr als einfacher bei der Bauausführung, im Betrieb und mit geringerem Energieverbrauch als technologische Verfahren. Angepaßte Verfahren müssen über das rein technische der „besten technisch und wirtschaftlich erhältlichen Technik“ hinaus, in jedem Einzelfall zusätzliche soziale, wirtschaftliche, kulturelle, rechtliche, ökologische und Bildungsfragen berücksichtigen.

Die Nichtbeachtung führt z.B. dazu daß 1999 im Mexiko von landesweit 1.000 Kläranlagen nur weniger als 800 tatsächlich arbeiten /9/.

Ziele der Abwasserbehandlung in Lateinamerika

Die WHO gibt für die uneingeschränkte Bewässerung 1.000 FC (fäkal Coliforme) pro 100 ml und 1 Nematodenei pro Liter vor. Der Grenzwert für Coliforme ist ausreichend, während für Nematodeneier ein verringerter Grenzwert von 0,1 pro Liter angesetzt werden sollte. /6/ Detailliertere Aussagen hierzu finden sich in /6/.

Wegen der weitverbreiteten Abwassernutzung zur Bewässerung und direkten Gewässernutzung ist für Anlagen zur Abwasserbehandlung in Lateinamerika die Keimreduzierung oft das vorrangige Reinigungsziel.

Damit Abwasserprojekte zum Erfolg werden und die geplanten Ziele erreichen ist, neben der technisch korrekten Auslegung entsprechend des Bedarfs, die breite Akzeptanz der Bevölke-

rung nötig, umso mehr als ihre aktive Mitarbeit teilweise Bestandteil der Finanzierung ist. Die sekundären Ziele sind nicht der Grund warum eine Abwasserbehandlung errichtet wird, entscheiden aber über ihren Erfolg.

Durch die spürbare Verbesserung der Lebensqualität kann die nötige Akzeptanz der Bevölkerung und ihr Verständnis für die Anforderungen der Abwasserbeseitigung geschaffen werden. Eine verbesserte Grundversorgung bietet durch bessere Entwicklungschancen eine Steigerung der lokalen Einkommenssituation, wie auch der Bau und Betrieb von Anlagen Arbeitsplätze schafft.

Klärlagunen

Klärlagunen sind seit Ende der Sechziger Jahre in Lateinamerika weitverbreitet. Viele Klärlagunen verursachen Geruchsprobleme, was nicht bedeutet, daß das System an sich ungeeignet wäre. Im Gegenteil, in technologischen Anlagen wäre höchstwahrscheinlich mit größeren Problemen zu rechnen.

In aeroben Becken besteht über das gesamte Beckenvolumen ausreichender Sauerstoffüberschuß, während in anaeroben dauerhaft Sauerstoffmangel besteht und daher nur als hochbelastete Vorklärstufe mit nachgeschalteter aerober oder fakultativ aerober Lagune betrieben werden. Fakultativ aerobe Klärteiche besitzen abhängig von Jahres- und Tageszeit und der Belastung im Bodenbereich anaerobe Zustände. Belüftete Lagunen stellen den Übergang zu Belebtschlammanlagen dar. Die Aufgabe des Ingenieurs ist es diese Stufen sinnvoll zu verbinden.

Ausbaugröße

Die erfolgreich betriebene Anlage in Mendoza mit über 350 ha ist eher kritisch zu beurteilen, da es schwierig sein dürfte derart große geeignete Grundstücke zu finden. Hinzu kommen die Kosten für den Grunderwerb. Daß die Anlage etwa 12 km außerhalb der Stadtgrenze liegt, deutet auf derartige Probleme hin.

In Städten mit über 60 bis 100.000 EW ist in der Regel ausreichend ausgebildetes Personal für den Bau und den Betrieb einer Belebtschlammanlage vorhanden. Die Schaffung anspruchsvoller Arbeitsplätze ist dann eher als Vorteil zu sehen als die technische Einfachheit einer Klärlagune. Dies bedeutet aber nicht, daß bei kleineren Städten Klärlagunen automatisch die optimale Lösung seien.

Ferner kann festgestellt werden, daß die Bevölkerung wegen befürchteter Geruchsprobleme oftmals eine ablehnende Haltung gegenüber jeglicher Art der Abwasserbehandlung hat. Diese ist aber größer je größer eine Bauvorhaben ist, daher ist für Belebtschlammanlagen oftmals eine Zustimmung leichter zu erreichen als für Klärlagunen.

Stufenweiser Ausbau

Wegen des hohen Bevölkerungswachstums und wegen der Erfordernis der Erfassung weiterer Abwassermengen sollte der Planungshorizont für den Flächenbedarf bei etwa 20 bis 25 Jahren liegen, derjenige für die Dimensionierung der Klärlagunen und Anlagenteile bei etwa 10 Jahren.

Da in Lateinamerika der Großteil der Vorhaben über Entwicklungskredite finanziert werden, wird die Ausbaustrategie in der Regel aber durch die Kreditvergabe festgelegt, die eher für Neuanlagen als für Erweiterungen zu erhalten ist. Anlagen werden daher oft für den Endausbau geplant. Bei Klärlagunen kann durch Aufstau die behandelte Abwassermenge gesteigert werden, auch kann bei einer zunächst aerob geplanten Anlage auf fakultativ aeroben Betrieb übergegangen werden.

Lage und Anordnung

Um eine gute Belüftung zu erzielen sollte die Längenausdehnung in Hauptwindrichtung liegen und der Ablauf an der windabgewandten Seite, um Geruchsbelastungen zu vermeiden.

Kläranlagen werden in den Tiefpunkten eines Entwässerungsgebietes errichtet, diese wer-

den aber oft sehr schnell durch Rangbevölkerung erschlossen, insbesondere wenn durch eine Abwasseranlage auch die Verkehrserschließung verbessert wird. Eine Anlage kann innerhalb weniger Jahre mitten in Wohngebiet liegt. In solchen Fällen bietet sich der Neubau und die wegen der wenigen Einbauten einfache Aufgabe an.

Freizeitgestaltung

Bei nicht ausreichender Wartung verwahten Lagunen schnell, Einfriedungen und Einbauten werden entfernt. Von Vandalismus kann dabei nur in untergeordnetem Maße gesprochen werden, die Materialien lassen sich vermarkten bzw. werden zum Hausbau verwendet. Teilweise dringen die Menschen nur aus Neugierde ein.

Da Klärlagunen ohnehin nicht sicher abgesperrt werden können, sollte daran gedacht werden die Lagune öffentlich zugänglich zu machen. Durch das Erleben der Abwassertechnik werden die Folgen des eigenen Handelns sichtbar und das Verständnis der Bevölkerung verbessert, gesellschaftlicher Druck wirkt zusätzlich förderlich. Da Klärlagunen keine oder nur sehr wenige technischen Einbauten besitzen, geht von ihnen nicht mehr Gefahr als von offenen Gewässern aus. In Landgemeinden besteht durchaus ein Bedarf an Einrichtungen zur Freizeitgestaltung. Leider sind derartige Konzepte wenig verbreitet und lediglich in Einzelkomplexen z.B. Hotelanlagen umgesetzt.

Fäkalschlamm und Fremdwasser

Grundsätzlich sind hohe Fäkalschlammengen zu erwarten, die in anoxischen/anaeroben Fäkalschlamm lagunen behandelt, und der Ablauf dem Lagunenzulauf zugegeben werden können. Mit Aufenthaltsdauern von 9 - 14 Tagen und Frachten unter $80 \text{ g BSB}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ lassen sich Abläufe erreichen, die etwa dem kommunalen Rohabwasser entsprechen.

Sehr viele Kanalnetze besitzen hohe Fremdwassermengen, weswegen sogar in Trennsystemen Entlastungen des Schmutzwassers eingesetzt werden. Teichkläranlagen bieten sich wegen ihres hohen Puffervermögens für Last- und Volumenstöße daher an. Die Möglichkeit des Aufstaus sollte für derartige Fälle eingeplant werden. Oft wird ein By-Pass um die gesamte Lagune empfohlen /7/, auf den in Trennsystemen auf jeden Fall verzichtet werden sollte. Vielmehr bietet sich an die entlasteten Abflüsse in nachgeschaltete Becken zu leiten.

Bauwerke

Die Auslaufbauwerke müssen mehrere Aufgaben erfüllen, sie müssen eine gute Abflußdrossel darstellen, zudem sollten sie die Anpassung der Wasserspiegellagen erlauben. Die Wasserentnahme soll mindestens 60 - 70 cm über dem Boden, um Schlammabtrieb zu vermeiden, und 60 cm unterhalb des Wasserspiegels erfolgen um Algen zurückzuhalten erfolgen. Bei Lagunen, denen nicht kontinuierlich Schlamm abgezogen wird (fakultative), sollte der Wasserspiegel von oben gesenkt werden können, ohne den Grundablaß zu betätigen.

Um grobe Schmutzstoffe abzuscheiden empfiehlt sich ein Grobrechen, auf Feinrechen sollte aber verzichtet werden. In wie weit Sandfänge sinnvoll sind, muß im Einzelfalle untersucht werden. Um dem Ziel der Einfachheit gerecht zu werden sollte eher auf sie verzichtet werden, da zusätzliche mineralische Anteile im Bodenschlamm der ersten Lagune in der Regel ohne Nachteile ist.

Ihre Reinigung sollte auch bei größeren Anlagen händisch erfolgen. Die oft durch Nachlässigkeiten bei der Gestaltung erschwert wird und die Reststoffentsorgung ist oftmals ungelöst. Die Vorreinigung wird deshalb selten gereinigt und die Reststoffe werden lediglich neben der Vorreinigung abgelagert.

Schlamm

Bei fakultativen Lagunen kann mit Zeiträumen von 10 bis 20 Jahren gerechnet werden. Oft fehlen dann geeignete Einrichtungen und die Schlammräumung unterbleibt.

In mehrstufigen Klärlagunen liegt die Schlammmenge in primären fakultativen Lagunen bei etwa $150\text{-}200 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{a})$. Durch die feinen Schlammteile kommt es auch zu einer relativ raschen Abdichtung in primären Lagunen. In sekundären Lagunen ist die Schlammmenge vernachläss-

sigbar.

Nach Wasserablaß und natürlicher Trocknung in Trockenbeeten kann der Schlamm mit Baugerät mit Strukturmaterial gemischt und abgefahren werden, lediglich parallele Lagunen sind hierfür nötig. oder -becken und Einrichtungen um das Drainagewasser wieder dem Zu-
lauf zuzuführen. Manchmal werden Lagunen anstelle der Räumung aufgegeben.

Reinigungsleistung

Nach ATV werden vor un- und belüfteten Teichen Absetzteiche mit Tiefen >1,5 m empfohlen, die auch in den Hauptklärteich integriert sein können. Sie können mit $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{E}$, darin $0,15 \text{ m}^3/\text{E}$ Schlammstapelraum, einem Tag Durchflußzeit und $0,3 \text{ l}/(\text{d}\cdot\text{E})$ ausgefaulten Schlamms ausgelegt werden. Dies entspricht bei $60 \text{ g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{E})$ einer Raumbelastung (B_R) von $120 \text{ g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{m}^3)$. Oberhalb etwa $100 \text{ g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{m}^3)$ stellen sich anaerobe Bedingungen ein.

In /11/ wird für anaerobe Lagunen $B_R = 100$ bis $400 \text{ g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{m}^3)$, um Gerüche zu vermeiden empfohlen, bei Aufenthaltsdauern von 2 bis 5 Tagen. Dies entspricht etwa den Angaben der U.S. Umweltschutzagentur von 220 bis $1.100 \text{ g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{ha})$. Die anaerobe Abbauleistung ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben /10/.

Temperatur [°C]	Raumbelastung [g BSB ₅ /(d m ³)]	Abbau [%]
<10	100	40
11 - 19	200	50
>20	300	60

Primäre fakultative Klärlagunen können für heiße Regionen und Temperaturen von 20°C mit $350 \text{ kg BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{ha})$ ausgelegt werden, sekundäre mit $250 \text{ kg BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{ha})$ /11/.

Für unbelüftete aerobe Klärteiche gilt $B_{R_{\text{krit}}} = 2,7846 \cdot e^{0,0975 \cdot T} [\text{g BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{m}^3)]$ oder alternativ $B_F = 20 \cdot T - 60 [\text{kg BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{ha})]$ mit Lufttemperatur $T [^\circ\text{C}]$. Nach Arceivala (1987) kann die Wirkung der Sonneneinstrahlung auf die Abbauleistung über den Längengrad berücksichtigt werden, $B_F = 375 - 6,25 \cdot \text{Längengrad} [\text{kg BSB}_5/(\text{d}\cdot\text{ha})]$. ATV-Empfehlungen geben für aerobe Klärteiche mit vorgeschaltetem Absetzteich $8 \text{ m}^2/\text{E}$ und Durchflußzeiten $\geq 20 \text{ d}$ an.

Für die Auslegung nach dem Keimabbau gilt $N/N_0 = 1/(1+K_b \cdot t)^n$ mit $K_b = 2,6 \cdot 1,19^{(T-20)}$, N Endkeimzahl [100 ml^{-1}], N_0 Anfangskeimzahl [100 ml^{-1}], t Aufenthaltsdauer [d], n Anzahl gleicher Teiche.

In der anaeroben Bodenzone fakultativer Lagunen wird zumeist denitrifiziert.

Geruchsbelästigung

Grundsätzlich hängen Gerüche mit anaeroben Zuständen im Abwasser zusammen, bei aeroben Lagunen ist die Gefahr daher gering. Bei fakultativen Lagunen treten bei Temperaturschwankungen Umwälzungen im Wasser auf, die sauerstofffreies Wasser an die Wasseroberfläche bringen, das für Gerüche verantwortlich ist. Dies spricht für den Einsatz bei gleichmäßig warmen Klima. Bei der Schlammräumung ist daher auch darauf zu achten, daß nicht über den Grundablaß sauerstofffreies Wasser abgelassen wird, sondern der Wasserspiegel von oben gesenkt wird. Oft resultieren sie jedoch aus nachlässig geplanten und gebauten Anlagenteilen, die hohe Turbulenzen aufweisen.

Wasserbilanz

Viele Klärlagunen funktionieren wegen nicht ausgeglichener Wasserbilanz schlecht. Die Wasserbilanz soll mehr zufließendes als abfließendem Wasser ausweisen. /11/ Überwiegt der Abfluß wird man zunächst die Abdichtung des Bodens mit Geomembranen oder lehmigen Böden vorsehen. Ökonomischer können aber anaerobe Lagunen sein. Eine derartige Kombination benötigt etwa 60% der Fläche rein fakultativer Lagunen. Die Geruchsgefahr anaerober Lagunen muß aber berücksichtigt werden.

In diesen Falle ist ein aufwärts durchströmter anaerober Schlammbedreaktor (UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket) eine interessante Alternative.

Belebtschlammanlagen in Erdbauweise

Für mittelgroße Städte kann eine Belebtschlammanlage in Erdbauweise eine sinnvolle Lösung sein. Hierbei wird auf Betonbecken weitgehend verzichtet, sondern Erdbecken mit Belüftern ausgestattet. Die können Oberflächen oder Schlauchbelüfter sein. Schlauchbelüfter haben den großen Vorteil, daß die Zahl bewegter Teile vermindert wird. Die Abbildung zeigt eine derartige Anlage in Posadas, Argentinien, die seit 2001 in Betrieb ist. Sie besteht aus zwei Belebungs- und zwei Absetzbecken. Schlamm Entsorgung besteht nicht auf dem Gelände, wegen der geringen Aufenthaltsdauer eine zusätzliche Entkeimung nötig gewesen.



Abbildung 1: Kläranlage Posadas.

Aufwärts durchströmter anaerober Schlammbedreaktor (UASB)

Aufwärts durchströmte anaerobe Schlammbedreaktoren (UASB) werden in Lateinamerika seit den achtziger Jahren eingesetzt. Wegen der anaeroben Stufe sind sie vorteilhaft bei Abwassertemperaturen über 20°C, bei tieferen Temperaturen können sie als zweistufige Anlage eingesetzt werden. Wegen des geringen Keimabbaus werden regelmäßig Klärteiche nachgeschaltet. Beispielhaft folgen die Reinigungsleistungen, gemessen von Nov. 2001 bis Aug. 2002 an einer Anlage mit zwei UASB-Reaktoren und fünf unbelüfteten aeroben Teichen aus Salta, Argentinien.

Parameter	Rohab-Wasser	Ablauf Reaktor 1	Ablauf Reaktor	Ablauf Klärteich
Temperatur [°C]	22,4 ± 0,4	22,2 ± 0,5	22,4 ± 0,6	21,6 ± 1,1
Feststoff, gesamt [g/l]	0,790 ± 0,078	0,365 ± 0,031	0,394 ± 0,067	0,402 ± 0,035
BSB [mg/l]	226 ± 80	62 ± 62	40 ± 26	28 ± 18
CSB [mg/l]	428,9 ± 46,1	79,0 ± 5,5	50,0 ± 4,4	94,1 ± 10,5
NH ₃ [mg/l]	24,48 ± 7,02	38,29 ± 16,39	34,97 ± 12,15	1,06 ± 2,09
NO ₃ ⁻ [mg/l]	3,52 ± 1,72	3,3 ± 2,2	1,32 ± 0,86	11,88 ± 14,66
NO ₂ ⁻ [mg/l]	0,049 ± 0,097	0,033 ± 0,065	0,034 ± 0,042	0,011 ± 0,023
P [mg/l]	3,57 ± 3,47	3,925 ± 3,283	4,29 ± 2,92	2,555 ± 2,068
FC [l ⁻¹]	3,60 x 10 ⁸	9,30 x 10 ⁷	3,60 x 10 ⁵	2,30 x 10 ²
Parasiten [Ei/l]	1.422 ± 336	238 ± 206	45 ± 11	10 ± 4
Hydraulische Aufenthaltsdauer [h]		6,1 bis 8,2	4,0 bis 5,6	15,2 ± 1,0

Angaben als Median und ± Vertrauensintervall ($\alpha = 0,05$)

Tabelle 2: Meßergebnisse, UASB-Reaktor, Salta /13/

UASB-Reaktoren eignen sich für kleinere bis mittlere Anlagen bis ca. 50.000 EW und wegen der Anaerobstufe für organisch hochbelastete Industrieabwasser. Die Biogasnutzung ist vorteilhaft, diesbezüglich wird z.B. auf die Erfahrungen der Biogasnutzung z.B. in Indien aber auch in verwiesen.

Die Reaktoren können in Beton- oder in Erdbauweise errichtet werden. Beispiele von Beton Reaktoren zeigen Abbildungen 2 und 3. Werden diese aus Fertigteilen errichtet so ist besonders auf die Andichtung zu achten, hier treten oft Probleme auf. Der UASB in Abb. 4 wurde von einem holländischen Berater geplant und 1988 erstmals in Betrieb genommen, aber wegen Geruchproblemen nach wenigen Wochen stillgelegt. 1993 wurde sie von kolumbianischen Planern umgebaut und funktioniert seither problemlos. Seit 1997 ist wegen fehlender Abwassermengen ein Reaktor außer Betrieb.



Abbildung 2: USAB San Juan Argentinien, Details



Abbildung 3: USAB EL VIVERO, Cali, Colombia, 45 l/s

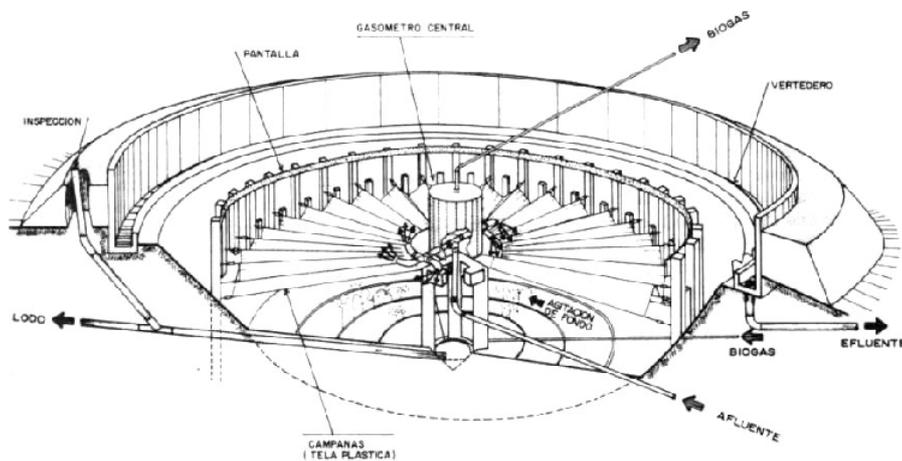


Abbildung 4: USAB In Erdbauweise

In Paraguay wurde 2002 eine Anlage in Erdbauweise ähnlich Abbildung 4 ausgeführt. Die Trennung des Gasraums erfolgt hierbei mittels einer Kunststoffmembrane.

Kosten

Für eine erste Abschätzung können Investitionskosten für UASB-Reaktoren von 30 kUS\$/($l \cdot s$) bei Anlagen bis 10 l/s und von unter 15 kUS\$/($l \cdot s$) bei 750 l/s angenommen werden.

Resümee

Um die Abwasserprobleme in Lateinamerika zu mindern gibt es keine Patentlösung. Klärlagunen werden oft als solche angesehen, sie sind oft die beste Option, aber nicht immer. Ebenso können Belebtschlammanlagen in Erdbauweise oder Anaerobanlagen die im Einzelfalle vorteilhafteste Lösung sein. Hier ist Kreativität gefragt und Offenheit die tatsächlichen Probleme der Einwohner und ihre Möglichkeiten zu erkunden und zu berücksichtigen.

Manche Lösungen entsprechen nicht den Anforderungen, die wir sie z.B. aus Deutschland kennen. Aber eine funktionierende Anlage, die deutsche Ablaufwerte nicht erbringt, ist besser als gar keine, oder gar als eine, die höchste Reinigungsleistungen aufweisen könnte, aber außer Betrieb ist weil Ersatzteile fehlen.

Referenzen

1. M. M. Mena Patri, Proyecto Regional - Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial, Estudio general del caso Santiago de Chile, Chile Juni, 2001
2. E. Barbeito Anzorena, Proyecto Regional - Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial, Estudio general del caso Campo Espejo del Aglomerado Gran Mendoza, República de Argentina, Argentinien, Juni 2001
3. O. Coronado Rocha, Líc. Ó. Moscoso Agreda, Ing. R. Ruiz Hurtado, Proyecto Regional - Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial, Estudio general del caso Ciudad de Cochabamba, Bolivia, Bolivien, Juni 2001
4. Aguas Andinas S.A., www.aguasandinas.cl
5. E. Idelovitch, K. Ringskog - Waste Treatment in Latin America, Old and New Options, Worldbank, Washington, 1997
6. U. J. Blumenthal et al. - Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines, Bulletin of the World Health Organization, 2000, 78 (9)
7. Norma Bolivariana NB 688 - Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado sanitario, pluvial y tratamiento de aguas residuales, DIGESBA; Dezember, 2001
8. Dr. D. Borchardt, F. Mendadj - Empfehlungen für die Errichtung und den Betrieb von belüfteten Teichkläranlagen, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz, Universität, Gesamthochschule Kassel, Kassel, August 2001
9. Dr. G. Moeller, V. Escalante - Las Lagunas de Estabilización: Tecnología apropiada o tecnología de punta para el tratamiento de aguas residuales? La experiencia mexicana?, XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ohne Ort und Datum
10. R. R. Vargas, G. León, Lagunas Facultativas en serie y en paralelo - Criterios de dimensionamiento, Textos completos, in www.cepis.ops-oms.org
11. R. Sáenz Forero, Hojas de Divulgación Técnica Nr. 33, Consideraciones en relación con el uso de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales, in www.cepis.ops-oms.org
12. Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS); Division of Health and Environment - Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento 2000 en las Américas, in www.cepis.ops-oms.org
13. L. Seghezze et al. - Piasta en March de un sistema combinado de tratamiento de líquidos cloacales con reactores UASB y lagunas de estabilización, in Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 6, N° 1, 2002, Argentinien 2002