György Mucsy

Entwicklung der Schlammaufbereitungstechnologie in Ungarn

Zweck dieses Berichtes ist es, einen Einblick in jene Arbeit zu vermitteln, die in Ungarn auf dem Gebiet der Behandlung, des Transportes und der gefahrlosen Beseitigung von Klärschlämmen in den letzten Jahren geleistet wurde. Es ist leider nicht möglich im Rahmen dieses Berichtes über alle Einzelheiten, bzw. über alle erzielten Resultate eingehend zu berichten. Über diese wurde aber schon vielfach in verschiedenen Veröffentlichungen berichtet, in denen das Thema von der praktischen Seite aus gesehen behandelt wurde, da es letzten Endes immer darum geht, die zeitgemässen Schlammbehandlungsmethoden in die Praxis umzusetzen.

Vorhergehendes und Ziele der Weiterentwicklung

Infolge der fortschreitenden Urbanisierung und dem damit verbundenen Ausbau der öffentlichen Werke, aber auch wegen der starken Betonung des Umweltschutzes, hat die Abwasserreinigung in Ungarn in den letzten Jahrzehnten einen erfreulichen Aufschwung erlebt. Um die Situation besser kennenzulernen sei hier erlaubt einige Daten zu veröffentlichen welche in den folgenden Tabellen dargestellt sind. Die Gestaltung der von den Siedlungen stammenden Abwassermengen und deren Reinigung in den letzten 15 Jahren bis 1975 ist in der Tabelle 1 dargestellt. Die Entwicklung bis zum Jahre 1990 ist in der Tabelle 2 enthalten. Die Lage der industriellen Abwasserreinigung und deren voraussichtliche Entwicklung zeigt die Tabelle 3.

Betrachtet man die Verhältnisse in Ungarn, so kommt man zu dem Schluss, dass bei der Projektierung von Kläranlagen im allgemeinen von zeitgemässen Technologien ausgegangen worden ist. Auf dem Gebiet der Schlammbehandlung wurden dagegen, trotz viel-

Tabelle 1

Siedlungs-Abwässer und deren Reinigung in Ungarn bis 1975

Benennung	1960	1965	1970	1975
1. An das Kanalnetz angeschlossene Einwohner (in 1000)	2158	2440	2790	3480
2. An das Kanalnetz angeschlossene Einwohner in % der Gesamtbevölkerung	22	24	27	33
3. Im öffentlichen Kanalnetz abgeleitete Abwassermenge [Mio. m^3/d]	0,8	1,0	1,3	1,8
4. Davon gereinigte Abwassermenge [Mio. m^3/d]	0,12	0,19	0,31	0,54
5. Verhältnis der gereinigten Abwassermenge in %	16	19	24	30

seitiger Kenntnisse der Fachleute, häufig nur unzulängliche, scheinbar ökonomische, in Wirklichkeit aber nur Übergangs- bzw. Notlösungen eingeplant, die keinen wahren Fortschritt bedeuteten.

Zur Beurteilung der Schlammfrage müssen wir wissen, dass wir am Ende dieses Fünfjahresplanes im Jahre 198o mit einer Schlammtrockensubstanzmenge von 440 t/d aus den kommunalen Abwasserreinigungsanlagen rechnen müssen, wenn wir frischen, nicht ausgefaulten Schlamm in Betracht ziehen. Bei einem, Wassergehalt von 96 % - nach Eindickung des frischen Schlammes - bekommen wir ein Schlammvolumen von cca 11 000 m^3/d welcher gemäss den Bedürfnissen der Unterbringung bzw. Verwertung allgemein noch auf den

Tabelle 2

Siedlungs-Abwässer und deren Reinigung in Ungarn. Entwicklungstendenzen bis 1990

Benennung	1975 V.Fünfjahresplan	1980 VI.Fünfjahresplan	1985	1990 VII.Fünfjahresplan
An das Kanalnetz angeschlossene Einwohner [in 1000]	3480	4610	6570	7840
An das Kanalnetz angeschlossene Einwohner in % der Gesamtbevölkerung	33	43	60	70
Im öffentlichen Kanalnetz abgeleitete Abwassermenge [1000 m^3/d]	1800	2400	3000	3600
Entsprechend gereinigt [1000 m^3/d]	375	735	1250	1950
Unzureichend gereinigt [1000 m^3/d]	1425	1665	1750	1650
Kapazität der Abwasserkläranlagen [1000 m^3/d]	540	930	1600	2300

Kläranlagen weiter zu behandeln ist. Die Schlammenge der Industrie ist auch bedeutend und muss in der Zukunft immer mehr in Betracht gezogen werden.

Auch das ungarische Amt für Wasserwirtschaft (OVH) erkannte die Unzulänglichkeit der Situation, bzw. die Notwendigkeit einer besseren Lösung, und startete deshalb im Jahre 1975 ein Forschungsprogramm zur Weiterentwicklung der Klärschlammbehandlungstechnologie, das im Jahre 1980 beendet werden soll.

Das Amt für Wasserwirtschaft beabsichtigt mit Hilfe dieser For-

Tabelle 3

Die Lage der industriellen Abwasserreinigung in Ungarn und deren Entwicklungstendenzen bis 2000

Mass der industriellen Abwasserreinigung	1975	%	1980 [1000 m^3/d]	%	2000	%
Entsprechend gereinigt	525	30	1700	45	5100	62
Teilweise gereinigt	649	37	1320	35	2550	31
Nicht gereinigt	578	33	757	20	576	7

schungsarbeit folgende Ziele zu verwirklichen:

- Klarstellung der modernsten Technologie für die Entwässerung und endgültige schadlose Beseitigung von Schlämmen kommunaler Abwasserkläranlagen aufgrund der Ergebnisse ausländischer und einheimischer Forschungen, sowie durch die Nutzbarmachung von Patenten, Lizenzen und "Know-How"-s, usw.

- Das Ausarbeiten von Vorschlägen in Bezug auf die maschinellen Einrichtungen, die zur Verwirklichung einer einheitlichen Schlammbehandlungstechnologie nötig erscheinen.

- Vorschläge zur Schaffung einer Basis für den Bau maschineller Einrichtungen, bzw. für den Import von Ausrüstungen, deren inländische Herstellung nicht zweckmässig erscheint.

Das Amt für Wasserwirtschaft hat die Forschungszentrale für Wasserwirtschaft (VITUKI) mit der Betreuung dieses sehr vielseitigen und komplexen Programmes, sowie mit der Koordinierung der weitverzweigten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beauftragt. Neben der aktiven Teilnahme an der Arbeit sollen vom VITUKI alle Behörden, Ministerien und deren verschiedene Institutionen, die in diesen Fragen zuständig oder sonst interessiert sind, zur Mitarbeit eingeladen werden. Auf diese Weise nehmen 25 bis 30

verschiedene Unternehmen und Institutionen an der Ausarbeitung des Programmes teil.

Noch zu Beginn der Arbeit wurde ein "umfassendes Programm" aufgestellt, in dem die zu lösenden Aufgaben, deren zeitliche Reihenfolge, die für die Mitarbeit empfohlenen Institutionen und Unternehmen, sowie die beiläufigen Kosten in grossen Zügen zusammengefasst wurden. Aber schon bei der Zusammenstellung des Programmes ist man davon ausgegangen, daß dieses keine starre Vorschrift sein soll, sondern vielmehr ein flexibler Plan, den man von Zeit zu Zeit revidieren und aufgrund der gesammelten Erfahrungen korrigieren bzw. abändern kann. So sind schon bis heute verschiedene Änderungen des Programmes vorgenommen worden, z.T. aufgrund der bisherigen Resultate, z.T. wegen Veränderungen der jeweiligen Verhältnisse und Möglichkeiten.

Die Kosten des Programmes werden hauptsächlich vom Amt für Wasserwirtschaft bestritten, ein beträchtlicher finanzieller Beitrag wird jedoch auch von der Kommission für Technische Entwicklung (OMFB) geleistet. Zur Orientierung kann mitgeteilt werden, dass für die sechsjährige Arbeit rund 72 Millionen Forint veranschlagt worden sind.

Die Ausarbeitung des Programmes erfolgt im Rahmen folgender Unterthemen:

- Programmzusammenstellung
- Vorschläge für die anzuwendende Ausrüstung der Schlammbehandlung
- Beschreibung der für die Schlammbehandlung nötigen Hilfsmaterialien
- Ausarbeitung verschiedener Schlammbehandlungstechnologien
- Versuche und Messungen im Labor-, im halbtechnischen und technischen Masstab,
- Bestimmung des Metallgehaltes von Klärschlämmen
- Entkeimung von Klärschlämmen
- Deponie und Ablagerung von Schlämmen

- Die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen
- Rechtsbestimmungen betreffend Behandlung, Transport und Beseitigung von Klärschlämmen.

Schilderung der geleisteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit

Die bisherige Tätigkeit und deren Resultate können im Folgenden zusammengefasst werden:

Das umfassende Programm ist zusammengestellt worden, und die weitere Arbeit wurde im Sinne des Programmes durchgeführt. Kleinere Abänderungen des Programmes werden hauptsächlich nach Abschluss bzw. nach Auswertung der im Laufe des Jahres geleisteten Arbeit vorgenommen.

Die Technologie der Schlammbehandlung ist, unter Berücksichtigung des Programmes "Technologie, Einrichtungen und Bauobjekte der Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung", ausgearbeitet worden. Es wurden für 7 Grössenordnungen insgesamt 8 Varianten für die Schlammbehandlung beschrieben. Die Resultate wurden zuerst als eine "Empfehlung" zusammengefasst, und in mehreren hundert Exemplaren den am meisten interessierten wasserwirtschaftlichen und anderen Behörden, sowie verschiedenen Planungsbüros und Bauunternehmen übergeben. Die Empfehlungen wurden inzwischen vom Planungsbüro MÉLYÉPTERV - unter Berücksichtigung vieler Erfahrungen - zu einem Vorschlag für technologische Richtlinien umgearbeitet, welche dann nach erneuter Überprüfung in nächster Zukunft als technologische Richtlinien der Schlammbehandlung herausgegeben werden können.

Die zur Ausführung der empfohlenen Schlammbehandlungsmethoden nötige maschinelle Ausrüstung ist vom Planungsbüro für Wasserbau (VIZITERV) als eine Empfehlung unter dem Titel: "Komplette maschinelle Ausrüstung für die Klärschlammbehandlung" zusammengestellt worden. Diese Zusammenstellung dient zur Orientierung für Behörden, Planungsingenieure, Bauauftraggeber und Bauunternehmen über die anwendbaren maschinellen Ausrüstungen. In der

Arbeit werden sämtliche Maschinen, Transportmittel und sonstige Einrichtungen aufgezählt, die zur Schlammbehandlung gebraucht werden, und die entweder im Handel erhältlich sind, oder importiert, bzw. im Lande selbst entwickelt und hergestellt werden sollen. Die Arbeit ist veröffentlicht worden.

In dem Bericht über Hilfsmaterialien der Schlammbehandlung wurde aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten und Projekte der Bedarf an herkömmlichen Chemikalien und Polyelektrolyten für die nächsten Jahre untersucht bzw. geschätzt. Daraufhin ist ein Abkommen zwischen dem Amt für Wasserwirtschaft und einem Aussenhandelsunternehmen zustande gekommen, laut welchem die in nächster Zukunft benötigte, verhältnismässig kleine Menge von Polyelektrolyten vorläufig importiert wird. Der jährliche Bedarf beträgt z.Z. etwa 60 t, wird aber bis 1990 auf einige hundert t anwachsen. Um die Geschäftsführung einheitlich zu gestalten und die Vorräte jederzeit klar überblicken zu können, aber auch um den Erfahrungsaustausch zu erleichtern, hat das Amt für Wasserwirtschaft verordnet, dass die Wasser- und Kanalisationswerke ihren Anspruch auf Polyelektrolyte bei dem Verein der Wasserwerke FORRÁS anmelden sollen. Natürlich soll dabei vor Augen gehalten werden, dass keine unnötigen Polyelektrolyte importiert werden.

Zum Unterthema "Halbtechnische Untersuchungen" ist eine weitlaufende Arbeit geleistet worden, die zum Teil auch jetzt noch im Gange ist.

Auf dem Gelände der Vácer Abwasserkläranlage hat das "Regionales Wasserwerk und Wasserwirtschaftliche Unternehmen im Donautal" (DmRVV)eine Versuchshalle für die Schlammbehandlung errichtet, wo zahlreiche Versuche und Messungen ausgeführt werden konnten.

Um die Anwendbarkeit der maschinellen Schlammentwässerung mittels Siebbandfilterpressen unter einheimischen Bedingungen aufzuklären, wurden in der Versuchshalle 2 Typen von Siebbandfilterpressen erprobt. Der eine Typ war die ROEDIGER'sche Siebbandfilterpresse (Band-

breite 1,20 m, nominelle Leistung 5 m^3/h). Der andere Typ war die vom VIZGÉP Unternehmen aufgrund einer Lizenz von Roediger hergestellte Siebbandfilterpresse, welche die erste in Ungarn hergestellte Presse dieser Art darstellt. Die vergleichenden Messungen (siehe Tabelle 4) ergaben, dass die beiden genannten Maschinen vollkommen gleichwertig sind. Mit einem ausgefaulten Schlamm konnte z.B. nach Zugabe von 150 g Praestol 444 K/m^3 ein Schlammkuchen mit cca. 37 % Trockensubstanzgehalt erzielt werden. Zum Überschussschlamm von Szentendre wurde 160 g/m^3 Praestol 411K zugegeben, und ein Kuchen mit 28 % Trockensubstanz erhalten, was einer sehr guten Leistung entspricht.

Die Messergebnisse und die bisherigen Erfahrungen bestätigen die Ansicht, dass es sich bei beiden Maschinen um Siebbandfilterpressen von Weltrang handelt.

Die Schlammeindickung wurde in einem vom MÉLYÉPTERV entworfenen, vom Maschinenbauunternehmen VIZGÉP hergestellten, und auf dem Versuchsgelände für Schlammbehandlung in Vác aufgestellten Schlammeindicker aus Stahl mit 30 m^3 Rauminhalt studiert. Die meisten Versuche wurden in den Jahren 1977 und 1978 ausgeführt. An Hand dieser Versuche kann festgestellt werden, dass das Rühren beim Eindicken vorteilhaft ist. So konnte beim Frischschlamm durch das Rühren die Eindickungszeit auf die Hälfte bis auf ein Drittel (etwa auf 6 Stunden) abgekürzt werden. Gleichzeitig fällt das Volumen des Schlammes auf ein Drittel bis auf ein Viertel des Ausgangsvolumens, und ist, wenn gerührt wird, etwa um 25 % geringer als ohne Rühren.

Bei den Versuchen haben wir 8,6, 6,6, 4,5 und 3,5 U/h Rührergeschwindigkeiten angewendet. Die besten Resultate haben wir mit der niedrigsten Geschwindigkeit erhalten. Bei der Anwendung von Chemikalien hat sich die Zugabe von Kalk alleine nicht bewährt. Bei frischem Überschusschlamm konnten wir mit Eisensulfat $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ und Aluminiumsulfat $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (und Kalk in beiden Fällen) bei einer Rührergeschwindigkeit von 3,5 U/h keine bedeutende Verbesserung- als ohne Chemikalien erzielen. Aber bei der Dosierung von 1,5 ‰ (auf TS gerechnet) Praestol 423K hin-

Tabelle 4

Vergleich der Roediger'schen und der VIZGÉP-ROEDIGER'schen SSP-VN 30

Maschinen-typ	Schlamm- Art	Menge	TS%	Konditionierungs-mittel Typ	Menge g/kg Schlamm	Schlamm-kuchen TS%	Filtrat Schwebe-stoffe g/l	CSB roh mg/l	CSB filtriert mg/l
Roediger	Südpest	4,9	7,6	Praestol	1,94	37,2	0,33		600
VIZGÉP-Roediger	Faulschlamm	2,8	8,0	444K	2,23	37,3	0,28		700
Roediger	"	3,9	6,3	Praestol	2,53	33,9	0,85	1223	360
VIZGÉP-Roediger	"	3,3	8,0	423K	2,08	34,3	1,25	2641	1040
Roediger	"	3,1	5,5	Clearfloc	3,41	36,5	0,53		780
VIZGÉP-Roediger	"	3,2	7,8	CAF	2,24	37,1	0,51		750
Roediger	Szt.endre	3,9	6,7	Praestol	1,91	33,8	0,10	1220	1060
VIZGÉP-Roediger	Pr.Rohschl.	4,8	4,8	422K	2,60	36,3	0,51		1140
Roediger	Szt.endre	3,4	4,5	Praestol	3,59	28,5	0,43	742	500
VIZGÉP	Fr.Übersch.	3,2	4,3	411K	4,30	28,7	0,31		200
Roediger	Vác	1,8	5,8	Clearfloc	3,96	31,3	0,28		390
VIZGÉP-Roediger	Fr.Übersch.	1,8	5,7	CA 50	4,01	31,3	0,31		480

gegen konnte man in 4 Stunden eine Eindickung des Schlammes auf 14,3 %, in 24 Stunden auf 11,0 % des ursprünglichen Volumens erreichen im Gegensatz zu dem Versuch ohne Chemikalien wo in 6 Stunden nur auf 22,7 %, und in 24 Stunden nur auf 16,7 % der Schlamm eingedickt werden konnte. Wegen der Polyelektrolytenzugabe konnte bei der maschinellen Entwässerung an Chemikalien gespart werden. Aufgrund der gewonnenen Erfahrungen haben wir mit den Vorbereitungsarbeiten für die Projektierung von Schlammeindicker-Typen begonnen. Die Eindicker werden mit 8,12 und 16 m Durchmesser ausgebildet.

Zwecks Untersuchung der Schlammeigenschaften und Verbesserung der Entwässerungsmöglichkeiten wurden in der Vácer Anlage Schlammwaschungsversuche vorgenommen. Es wurde festgestellt, dass die günstigste Zahl der Waschungen - in Abhängigkeit von der Schlammart - zwischen 2 und 5 liegt. Durch das Waschen des Schlammes kann die Menge des zur Entwässerung benötigten Polyelektrolytes verringert werden, bzw. der Trockensubstanzgehalt des getrockneten Schlammes erhöht werden. Die Verschmutzung der vom Bandfilter abfliessenden Schlammflüssigkeit nimmt ebenfalls ab. Mit den, aus dem Schlamm herausgewaschenen Schmutzstoffen muss aber bei der Bemessung der Kläranlage gerechnet werden. Es muss gesagt werden, dass die Entwässerung des ziemlich ungünstige Eigenschaften besitzenden Vácer Schlammes durch Waschen nicht verbessert, und die Verstopfung des Filters nicht verhindert werden konnte. Die Versuche zeigten, dass das gereinigte Abwasser nur dann zum Waschen gebraucht werden kann, wenn sein CSB-Wert unter 150 mg/l liegt. Im Falle eines schmutzigen (CSB: 250-600 mg/l) Waschwassers haben wahrscheinlich schon sekundäre biologische Vorgänge das gebrauchte Waschwasser besonders trübe gemacht.

Vor den Flotationsversuchen im halbtechnischen Masstab wurden Laborversuche an der Miskolcer Universität durchgeführt.

Die Forschungszentrale VITUKI hat in der Versuchshalle für Schlammbehandlung der Vácer Kläranlage mit einer unter Druck ar-

beitenden Versuchs-Flotationseinrichtung von ICI (Oberfläche 1,5 m^2) Flotationsversuche durchgeführt. Zu den Versuchen wurde ein Überschussschlamm, bzw. ein zum Teil aerob stabilisierter Schlamm verwendet. Der Trockensubstanzgehalt des eingeführten Schlammes betrug im Durchschnitt 1,5% (0,6-2,7%) und nach erfolgter Flotation ohne Chemikalien 2,2%, mit Chemikalienzugabe 5%, beim stabilisierten Schlamm 3% bzw. mit Chemikalien 5%. Die Belastung schwankte zwischen 1,7 bis 4,3 m^3/h. Die günstigsten Werte wurden bei der Belastung 1,7 m^3/h, entsprechend einer Aufenthaltszeit von 1 Stunde, erzielt. Als Chemikalien wurden die Polyelektrolyte Praestol 411K und DOW XD 8454 eingesetzt, etwa 2,5-3,1 kg/t Trockensubstanz. Beim schwer zu behandelnden Vácer Klärschlamm konnte der flotierte Schlamm mit Hilfe der Siebbandfilterpresse nur dann entwässert werden, wenn der Polyelektrolyt in einem Verhältnis von 15-17 kg/t zudosiert wurde. Der Schwebestoffgehalt des abfliessenden Wassers betrug durchschnittlich 0,5 g/l. Dieser Wert kann jedoch noch weiter herabgedrückt werden, sofern ein Rezirkulationsverhältnis von 1:1 oder darüber gewählt wird.

Schon aufgrund der bisherigen Erfahrungen kann festgestellt werden, dass die Flotation eine sehr wirksame Methode der Schlammbehandlung darstellt, dessen weitere Entwicklung grosse Vorteile verspricht.

Die Entwässerung durch Zentrifugen sowie deren Chemikalienbedarf wurde mit Hilfe der vorhandenen Betriebseinrichtungen untersucht. Zur Zeit haben die Wasserwerke des Komitats Veszprém diesbezügliche Versuche in Veszprém und Pápa durchgeführt, zu denen eine KRÜGER 500 L Zentrifuge (Kapazität 10 m^3/h, Umdrehungszahl 1750/min) verwendet wurde. In Veszprém wurden Versuche mit Primärschlamm, Überschusschlamm und ausgefaultem Schlamm durchgeführt. Untersucht wurde der Zusammenhang zwischen Zentrifugenbelastung, Umdrehungszahl, Qualität der zugesetzten Polyelektrolyte einerseits, und Wassergehalt des zentrifugierten Kuchens, Qualität der abgetrennten Flüssigkeit und dem Leistungsgrad andererseits. Die Entwässerungsmöglichkeit wurde natürlich auch ohne

Zugabe von Chemikalien untersucht. Die erzielten Resultate können im Rahmen dieser Arbeit nicht ausführlich angegeben werden, es kann jedoch schon jetzt festgestellt werden, dass die Ergebnisse den Literaturangaben gut entsprechen. Bei unseren ersten im technischen Masstab ausgeführten Versuchen ging es in erster Linie darum, die Brauchbarkeit dieser Entwässerungsmethode, sowie den unter einheimischen Verhältnissen zu erwartenden Leistungsgrad zu prüfen. Es wurde erneut bewiesen, dass auch ohne Polyelektrolyte eine gute Entwässerung möglich ist, wenn man die Verschlechterung der Phasentrennung in Kauf nimmt. Der letztere Umstand wirkt sich auf den Betrieb der Kläranlage ungünstig aus. Es hat sich auch gezeigt, dass es praktisch keine zwei identischen Schlämme gibt. Das soll heißen, daß die optimalen Parameter der Entwässerung (z.B. Belastung, relative Umdrehungszahl, Qualität der Chemikalien) in jedem Fall durch Versuche festzustellen sind. Das Einhalten dieser Parameter ist auch während des Betriebes zu überwachen, bzw. zu gewährleisten, besonders, wenn es um den wirtschaftlichen Vergleich verschiedener Methoden geht. An Hand der bis jetzt durchgeführten Versuche kann schon festgestellt werden, dass es von grosser Wichtigkeit ist, mit einer gleichbleibenden Schlammqualität zu arbeiten. Veränderungen in der Qualität des Schlammes müssen durch geeignete mit Rührung versehene Stapelbehälter vermieden bzw. stark abgedämpft werden, um die maschinelle Entwässerung mit gutem Effekt und wirtschaftlich durchführen zu können.

Es sind in einigen Kläranlagen Untersuchungen im Gange, die den Vergleich der verschiedenen maschinellen Entwässerungsmethoden (Siebbandfilterpresse, Vakuum-Trommelfilter, Zentrifuge, usw.) sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht bezwecken. Die Arbeit ist im Gange.

Neben den sich immer mehr durchsetzenden maschinellen Entwässerungsmethoden möchten wir uns in kleineren Anlagen auch in Zukunft der Schlammtrockenbeete bedienen, aber der Mangel an Arbeitskräften und das Streben nach besseren Arbeitsbedingungen zwingen uns zur Modernisierung der herkömmlichen Schlammtrockenbeete durch

eine,von der Grösse der Anlage bedingte rationelle Mechanisierung. Eine Studie ist bereits zur Förderung der Vereinheitlichung und Typisierung der Schlammtrockenbeete veröffentlicht worden. Nach unserer jetzigen Ansicht werden wir bei kleinen Schlammtrockenbeeten das Abräumen durchHandarbeit, den Transport mit Förderband verwirklichen. Bei grösseren Anlagen mit teilweise fester Bodenschicht planen wir den Einsatz von selbstladenden Transportmaschinen. Die Anwendung fahrbarer Brückenräumer betrachten wir als Ausnahmefall. Zur besseren Ausnutzung der vorhandenen Trockenbeete fördern wir die Anwendung der Kombination Zentrifuge-Trockenbeet.

Auch die Veränderung der Schlammeigenschaften während der aeroben oder anaeroben Stabilisierung wird - mit besonderer Rücksicht auf die Entwässerungsmöglichkeiten - einer Prüfung unterzogen.

Um die, mit dem Bau von Stahlbetonfaulbehältern verbundenen Schwierigkeiten zu vermeiden, wurden die Möglichkeiten der Herstellung und Anwendung von Faulbehältern aus Stahl untersucht. Letztere können im Grossbetrieb hergestellt, und durch Zusammenstellung an Ort und Stelle bedeutend schneller errichtet werden, als die Faulbehälter aus Beton.

Im Zusammenhang mit der technischen Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Schlammbehandlung ist es zur Erprobung zahlreicher Vorschläge gekommen, die anlässlich des im Jahre 1977 ausgeschriebenen Wettbewerbes mit dem Thema "Die Beseitigung von kommunalen Klärchlämmen" eingelaufen sind. Es sind hier Themen gewählt worden wie die Behandlung der Schlammes mit Kalk, gemeinsame Behandlung des frischen Schlammes mit Müll und die Unterbringung des flüssigen Schlammes auf Waldflächen. Die Untersuchungen sind noch im Gange, so dass Resultate z.Z. noch nicht veröffentlicht werden können.

Zur Erprobung der Entwässerung mit Hilfe von Filterpressen haben wir Laborversuche mit Hilfe einer Einrichtung durchgeführt, deren Filterfläche 2,2 dm^2 betrug. An Hand der Versuche können

folgende Feststellungen gemacht werden:

Mit ausgefaulten Schlämmen kommunaler Herkunft konnte, bei Einhalten der optimalen Filterbedingungen, ein Feuchtigkeitsgehalt von 50-58 % im Filterkuchen erreicht werden, was für gut bezeichnet werden kann. Mit Überschussschlämmen konnte dagegen nur ein 73-78 prozentiger Feuchtigkeitsgehalt erreicht werden, was zum wirtschaftlichen Betrieb nicht genügt.

Für den ausgefaulten Schlamm erwies sich ein Filterdruck von 15 atü und eine Filterzeit von 0,5 Stunden als sehr günstig. In den Versuchen wurde Praestol 444K, $FeCl_3$ + Kalk, bzw. Floxit (sauer aufgeschlossener Bauxit) + Kalk als Flockungsmittel verwendet.

Unter optimalen Versuchsbedingungen konnten mit Hilfe der erwähnten Chemikalien nahezu gleich gute Resultate hinsichtlich Dicke des Filterkuchens, Feuchtigkeitsgehalt usw. erzielt werden. Auch zeigten die Versuche, dass die biologische (aerobe, oder anaerobe) Vorbehandlung des Schlammes die Filtrierbarkeit erheblich verbessert. Mit Floxit + Kalk und Praestol 444K konnte ein gleicher Feuchtigkeitsgehalt erzielt werden, woraus man schliessen kann, dass hier der teure Polyelektrolyt durch das billigere, anorganische Koagulationsmittel ersetzt werden kann.

Der Metallgehalt von Klärschlämmen ist aus der Sicht der Schlammbeseitigung bzw. Nutzbarmachung des Schlammes sehr wichtig. Die Forschungszentrale für Wasserwirtschaft (VITUKI) hat im Jahre 1975 die Schlämme von 23 Kläranlagen in Ungarn auf den Gehalt an Mg, Cd, Pb, Cr, Ca, Ni, Fe, Mn und Zn untersucht. Die mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrophotometrie erhaltenen Werte weichen nicht wesentlich von den in der Literatur angegebenen Werten ab, sie waren eher etwas niedriger als diese.

Die durchschnittliche Zn Konzentration betrug 500 mg/kg Trockensubstanz, erreichte aber in Hódmezővásárhely, Ózd und Székesfehérvár auch 1000 mg/kg. Eine sehr grosse Konzentration, 4915 mg/kg, wurde in Szentes vorgefunden.

Der durchschnittliche Chromgehalt betrug 10-20 mg/kg, aber in Vác und Baja wurde ein Wert von 400 mg/kg, in Szekszárd und Székesfehérvár einer von 600-700 mg/kg gemessen.

Der Bleigehalt variierte um 120 mg/kg, erreichte aber in Ózd, Szentendre und Zalaegerszeg 200 mg/kg, in Hódmezővásárhely sogar 250 mg/kg. Aus den zahlreichen Bestimmungen kann man darauf schliessen, dass der Metallgehalt des Schlammes im Laufe des Jahres regelmässigen Schwankungen unterliegt.

Im Zusammenhang mit der Entkeimung des bekanntlich viele Krankheitserreger enthaltenden Schlammes bestand unsere Aufgabe in der Ausarbeitung von Vorschlägen zur Schlammbehandlung, welche bei sorgfältigem Transport und entsprechender Deponie den Anforderungen der Hygiene entgegen kommen. Mit der diesbezüglichen Arbeit wurde das Planungsbüro MÉLYÉPTERV betraut, welches verschiedene andere Institute und Unternehmen in die Arbeit mit einbezogen hat. Die Arbeit ist noch im Gange.

Hinsichtlich der Schlammbeseitigung bzw. Deponierung des Schlammes musste neben der grundlegenden Bearbeitung des Themas noch ein sehr dringendes Teilproblem, nämlich die befriedigende Beseitigung der Budapester Klärschlämme, gelöst werden. Nach eingehender Prüfung ist eine Liste der geeigneten Depot-Plätze, sowie der nötigen Schutzmassnahmen zusammengestellt worden.

Ausserdem soll im Rahmen des Programmes ein umfassender Vorschlag für Schlammdeponien ausgearbeitet werden unter Beachtung der technischen und hygienischen Gesichtspunkte sowie der Anforderungen des Umweltschutzes. An der Arbeit nehmen verschiedene Institutionen der Hygiene, des Tiergesundheitsschutzes und der Landwirtschaft teil. Mit der Koordinierung der Arbeit wurde das Planungsbüro VIZITERV beauftragt.

Die wünschenswerteste Lösung für die Schlammbeseitigung wäre die landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes. Die Verwirklichung ist jedoch nicht leicht, weil gleichzeitig zahlreiche technologische, agrartechnische, umweltschutzbezogene, hygienische,

tierseuchenhygienische und natürlich auch wirtschaftliche Probleme berücksichtigt werden müssen.

Wie in der übrigen Welt, so gibt es auch in Ungarn keine einheitlichen Vorschriften für die landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme. Im Rahmen unserer Forschungs- und Weiterentwicklungsarbeit befassen sich z.Z. zahlreiche Institute, Behörden und landwirtschaftlichen Betriebe mit dieser Frage. Ziel des vielseitigen und einige Jahre in Anspruch nehmenden Programmes ist die Ausarbeitung von technologischen Verfahren, Normen und Rechtsvorschriften, welche die umfassende und befriedigende Regelung der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen ermöglichen. Die Forschungsarbeit ist noch im Gange.

Ein besonders wichtiges Problem ist die Rechtsregelung der Schlammbehandlung, des Transportes und des Deponierens von Klärschlämmen. Diesbezüglich hat das Forschungszentrum für Wasserwirtschaft bereits Vorschläge für die notwendigen und z.Z. ausführbaren Arbeiten unterbreitet. Im Vorschlag werden sämtliche Faktoren aufgezählt, die bei der Ausarbeitung einer Konzeption, bzw. bei der Regelung von Rechtsfragen eine Rolle spielen können. Mit diesen Vorschlägen möchten wir erreichen, dass in der Zukunft rechtliche Bestimmungen ausgearbeitet werden für Fragen wie z.B.: Wer ist für die Schlammbehandlung, für den Transport, eventuell für die Lagerung von Schlämmen verantwortlich, wer muss für die Ausführung gewisser Arbeiten sorgen und unter welchen Voraussetzungen, wer ist verpflichtet für Deponieplätze zu sorgen, welche Organe sind berechtigt Genehmigungen zu erteilen, und welche üben Aufsicht ?

Zusammenfassung, Tendenzen

Seitdem das Klärschlamm-Programm im Jahre 1975 gestartet wurde, können wir Zeugen von handgreiflichen Veränderungen und bedeutenden Fortschritten auf dem Gebiet der Schlammbehandlung in Ungarn sein. Die Veröffentlichung der Forschungsresultate und der gesammelten Erfahrungen, die Erfolge hinsichtlich der Si-

cherstellung der nötigen Maschinenbaukapazität, der Chemikalien bzw. Polyelektrolyte, die Fortschritte auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen, die Klärung und Annäherung von Ansichten und Anschauungen sowohl der Fachleute, wie auch der zuständigen Behörden und Unternehmen, dies alles hat zur Bildung einer gesunden und zeitgemässen Stellungnahme zum Problem beigetragen. Nicht nur das Existieren des Schlammproblems, sondern auch die Notwendigkeit für das Problem eine Lösung finden zu müssen ist von den zuständigen Stellen zur Kenntnis genommen worden. Das Thema ist kein Tabu mehr, wenn dadurch auch eine schwere Last der Volkswirtschaft auferlegt worden ist.

Aufgrund der bisherigen Ergebnisse kann die Verbreitung der maschinellen Schlammentwässerung mit Bestimmtheit angenommen werden. Durch die Organisierung der inländischen Produktion haben wir vorläufig die Anwendung von Siebbandfilterpressen und Zentrifugen gesichert, ohne vorzuschreiben, wo welche angewendet werden müssen. Bei ganz grossen Anlagen können selbstverständlich auch andere Lösungen in Frage kommen. Auf kleineren Kläranlagen werden die Schlammtrockenbeete vorläufig noch in Betrieb bleiben. Weitere Anstrengungen sind auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Nutzbarmachung von Klärschlämmen zu erwarten, die wahrscheinlich erfolgreich sein werden. Dies ist um so verständlicher, da wir über grosse landwirtschaftliche Flächen verfügen. Da die Art der Beseitigung des Schlammes gewissermassen auch die Technologie der Schlammbehandlung mitbestimmt, und sich sogar auf die Abwasserreinigung auswirkt, wird in der Zukunft der Schlammfaulung ein besonderes Interesse entgegen gebracht werden, da der so behandelte Schlamm günstiger zu entwässern ist, sein Ansteckungspotential abnimmt, und durch die Faulung nützliche Energie gewonnen werden kann. Jenes grosse Hindernis, welches zur Zeit das Baugewerbe mit seiner Abneigung gegen den Bau von Schlammfaultürmen repräsentiert, gedenken wir mit der Herstellung von Stahl-Faultürmen zu umgehen, welche im Werk hergestellt, an Ort und Stelle rasch und verhältnismässig einfach montiert werden können.

Mit unserer ganzen Typisierungs- und Vereinheitlichungsarbeit, in welche auch das hier kurz geschilderte Schlammprogramm gehört, verfolgen wir das Ziel, der Volkswirtschaft solche brauchbarenLösungen zu unterbreiten, welche einen industriellen Hintergrund besitzen. Die Forschungs- und technische Entwicklungsarbeit setzen wir auch nach Abschluss dieses Programmes fort, um jeweils in etwa fünf Jahren die neueren Erkentnisse in die Praxis umsetzen zu können. Gemäss den Richtlinien des Schlammprogrammes legen wir sehr grossen Wert auf die internationale Zusammenarbeit, wobei wir nicht nur an Austausch der Informationen denken, sondern auch die Kooperation in der Wirtschaft fördern.