

A.E.HACKL

Aufarbeitung ölhältiger Schlämme aus dem  
Förderbetrieb der Mineralölindustrie

In der Fachliteratur und in der technischen Praxis sind zahlreiche Verfahren bekannt, die ölhältige Abwässer reinigen oder Emulsionen dieser beiden Flüssigkeiten auftrennen können, sodaß ein praktisch kohlenwasserstoffreies Abwasser an den Vorfluter oder eine weitere Behandlungsanlage abgegeben werden kann. Es sind jedoch nur sehr wenige Verfahren bekannt, die eine Aufarbeitung von ölhältigen, wässrigen Schlämmen oder Suspensionen ermöglichen. Solche dreiphasigen Systeme bestehen aus Wasser, Öl und Feststoffteilchen und können unterschiedliche Emulsions- oder Schlammtypen bilden.

Schlämme dieser Art können bei verschiedenen Vorgängen entstehen, z.B. bei der Reinigung von Tankern, bei Unfällen mit ölbeladenen Tankerfahrzeugen oder Tankschiffen oder bei Leckagen von Ölleitungen. Die Hauptmengen fallen jedoch bei der Erdölförderung und -verarbeitung an. Der Behandlung der Ölschlämme aus der Verarbeitung in den Raffinerien ist ein eigenes Referat dieses Symposiums gewidmet, sodaß ich mich im folgenden auf die Schlämme der Erdölförderung konzentrieren kann. Diese Schlämme fallen in den Förderbetrieben vor allem bei den Förder sonden in Rohöltanklagern und bei den Abwasseraufbereitungsanlagen an.

Im Förderbetrieb der ÖMV AG im Nordosten von Wien erfolgte die Beseitigung der Ölschlämme meist durch Deponierung. War es in der Zeit bis zur Übernahme der Ölfelder aus der sowjetischen Verwaltung üblich, bei jeder Bohrung eine Schlammgrube anzulegen, so wurde in den Jahren 1955 bis 1957 die Entsorgung mit der Errichtung der Deponie Schönkirchen zentralisiert. Diese, mit bentonithältigen Bohrspülschlämmen abgedichtete Deponie ist unter anderem für die Aufnahme verschiedener ölhältiger Schlämme bestimmt.

Bevor wir uns mit den Aufarbeitungsmöglichkeiten für solche Schlämme befassen, sollen zunächst einige Informationen über die Entstehung der Ölschlämme und über ihre Typisierung gegeben werden.

Bei der Förderung in den ostösterreichischen Ölfeldern werden zwei verschiedene Rohölytypen gewonnen, das wertvollere asphaltische, kurz als A-Öl bezeichnet und ein paraffinisches Rohöl, das als P-Öl bezeichnet wird. Bei diesem P-Öl, das einen Paraffin-gehalt von knapp 3% aufweist, ist der Schlammanfall um vieles größer als beim A-Öl. Diese beiden Ölytypen werden wegen ihrer unterschiedlichen Eigenschaften und der sich daraus ergebenden Konsequenzen für ihre weitere Behandlung und Verarbeitung, bei Gewinnung, Transport und Lagerung getrennt behandelt.

Der Anfall ölhältiger Schlämme im Bereich des Förderbetriebes erfolgt in den nachstehend genannten Stationen:

Gewinnungsstationen,  
Rohöl-Tanklager,  
Abwasseraufbereitungsanlage (Flutanlage).

Die Stationen werden im folgenden kurz beschrieben:

#### Gewinnungsstation:

In einer Gewinnungsstation wird das Öl aus mehreren Sonden zusammengefaßt. Nach der Gasabtrennung wird das Rohöl durch Zugabe von chemischen Spaltern und Erwärmen einer Entsalzung und Entwässerung unterzogen und dann ins Rohöl-Tanklager verpumpt. Das abgetrennte Wasser wird zur Aufbereitung in die Flutanlage gepumpt. Der in den Separatoren, Abscheidern und Tanks abgesetzte Ölschlamm wird ein- bis zweimal jährlich durch Saugwagen ausgeräumt und zur Deponie verfrachtet.

#### Tanklager:

Im Tanklager wird das Rohöl erwärmt und in Tanks zwischengelagert. Beim Einleiten in den Tank durchtritt das Öl eine Wasserzone, in welcher es gereinigt wird und die Verunreinigungen einen Bodenschlamm und eine Schwimmschlammschicht bilden. Die gebildete Emul-

sionsschicht wird in einen Separationstank gepumpt, wo innerhalb von 7 bis 10 Tagen eine teilweise Trennung von Wasser und Öl stattfindet. Der verbleibende Schwimmschlammanteil wird ebenso wie der bei der Entleerung der Öltanks entnommene Bodenschlamm mit Hilfe von Saugwagen in die Deponie gebracht.

#### Flutanlage:

Die als Beispiel gewählte Flutanlage Ost besteht aus 5 Becken. In den Becken 1, 2 und 3 erfolgt die Wasserreinigung nur durch Sedimentation. Das aufschwimmende Öl wird abgezogen und erhitzt und in einem Separationstank entwässert und ins Tanklager verpumpt. Die Becken 4 und 5 werden parallel beschickt. Hier sinken die restlichen Schwebeteilchen durch Beschwerung mittels Eisenhydroxid-Flocken zu Boden. Der Restgehalt an KW im Wasser nach diesen Becken ist unter 30 mg/l. Das so vorgereinigte Wasser wird am Kiesbettfilter auf 5 mg KW/l weiter gereinigt und zu den Flutungs-Sonden verpumpt. Die Verweilzeit des Wassers in der Anlage beträgt 15 Stunden. Jedes Becken besitzt eine Schlammräumvorrichtung.

In Abständen von einigen Tagen werden die Becken abgeschlammt. Dabei wird der Ölschlamm über dem Sammel-schacht und einer weiteren Rohrleitung zur Deponie verpumpt.

Die in den verschiedenen Stationen anfallenden Ölschlämme unterscheiden sich zum Teil sehr stark in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften wie aus der folgenden Tabelle 1 ersichtlich ist.

TABELLE 1: Kenndaten der typischen Ölschlämme

Herkunft	Typ	Zusammensetzung in Gew. % H <sub>2</sub> O Öl	Feststoff	Dichte bei 20°C	Viskosität +)	natürliche H <sub>2</sub> O- Separation nach 24 h	
Flutanlage Becken II	O/W	94	3,7	2,3	1,0145	50 cSt	55 % Vol
Flutanlage Becken III	O/W	95	2,9	2,1	1,0129	54 cSt	60 % Vol
Flutanlage Becken IV	O/W	92	3,7	4,3	1,0163	52 cSt	20 % Vol
Flutanlage Becken V	O/W	90	4,6	5,4	1,0158	46 cSt	18 % Vol
Tanklager Schwimm	W/O	45	48,9	5,1	0,9459	321 cSt	5 % Vol
Deponie Schwimm	var.	70	23,2	6,8	0,9937	1200 cSt	5 % Vol

Die hier in der Tabelle angegebenen Werte sind Richtwerte,

+ ) Gemessen mit einem Auslaufviskosimeter nach DIN 1995

Wie bereits erwähnt, ist der Schlammanfall bei den P-ölen um vieles größer als bei A-ölen. Für die Neigung zur Schlamm- bildung, vor allem für die Bildung von Schwimmschlamm, ist die Neigung der Ölsorten zur Ausbildung von Grenzflächenhäutchen (6) von Bedeutung. Es wurden daher einige paraffinbasierte Öle im Labor auf diese Eigenschaften hin geprüft. Das Ergebnis ist in der Tabelle 2 zusammengestellt (10).

T a b e l l e 2

Rohöl	Grenzflächen- häutchen	Schlamm- bildung
ST 35 Oncofora	ja	Bildet nicht nur ein Grenz- flächenhäutchen, sondern eine richtige Schlammschicht, die mehr als die Hälfte des ursprünglichen Volumens ein- nahm
ST 90 BUG	nein	keine
Rag 6 Helvetia	ja	braune, zum Teil schlammige Schicht
Öl gesamt, Eingang Tanklager	ja	braune, schlammige Schicht mit deutlichem Feststoff- anteil

Die Neigung zur Schlamm- bildung ist unterschiedlich ausgeprägt. Nur bestimmte Rohöle zeigen eine starke Schlamm- bildungstendenz, die sich jedoch beim Vermischen der Rohöle auf das andere Rohöl zu übertragen scheint und in Summe für die hohe Schlamm- bildung der paraffinbasierten Rohölmischung verantwortlich sein dürfte.

### Bestehende Schlammbehandlungsmöglichkeiten

Die wichtigsten der in der Praxis angewandten Beseitigungs- bzw. Behandlungsverfahren sind:

Deponierung  
Verbrennung  
Biologische Aufarbeitung  
Separation

### Deponierung

Die Deponierung ist auch heute noch das für die Entsorgung im Bereich der Ölförderung am häufigsten angewandte Verfahren. Dies gilt auch für den Förderbetrieb der ÖMV AG, der seine Schlammdeponie bei Schönkirchen-Reyersdorf eingerichtet hat. In diese Deponie werden eingebracht verölte und ölfreie Bohrspülung, mit Saugwagen antransportierter Ölschlamm aus der Tankreinigung, in den Gewinnungsstationen und dem Rohöltanklager, der ölhältige Schlamm aus der Flutanlage und ölfreier Schlamm z.B. aus der Kanalisation. In der Deponie erfolgt allmählich eine Schichtung des Deponiegutes; die Struktur dieser Schichtung ist in der Tabelle 3 dargestellt. (Seite M-07)

Aus diesen Werten ersieht man deutlich, daß der Schlamm aufbricht und eine Separierung in Bodenschlamm, Wasser und Schwimmschlamm auftritt, wobei der Schwimmschlamm das unangenehme Problem darstellt.

Das aufschwimmende Rohöl wird mittels Stahlbänder in der warmen Jahreszeit abgezogen. Ebenso wird das Wasser aus der Wasserzone zur Aufbereitung in die Flutanlage Ost verpumpt. Die Deponie ist umzäunt.

Der Vorteil der in der Deponie Schönkirchen praktizierten Abdichtung mittels Bohrschlämmen ist im Vergleich zu den vor allem in der BRD üblichen Verfahren mittels Kunststoffplatten (5) oder Folien der, daß die Abdichtung dicht hält und keinerlei Probleme mit dem Grundwasser bezüglich einer Kohlenwasserstoffbelastung bis jetzt auftraten.

T a b e l l e 3

Die Tiefenstruktur der Schlammdeponie (8)  
Gesamttiefe 2,63 m

Tiefe in m	Bodenkörper Vol. %	Wasser Vol. %	Schwimm- schlamm Vol. %	Rohöl Vol. %
0,1	6	34	34	26
0,2	14	40	30	16
0,3	20	46	15	19
0,5	16	59	15	10
0,7	18	66	12	4
0,9	36	44	12	8
1,1	27	65	4	4
1,2	0,2	99,8	-	-
1,4	0,3	99,7	-	-
1,6	0,5	99,5	-	-
1,7	9	72	16	3
1,9	26	44	28	2
2,1	26	38	31	5

Allerdings hat diese vollkommene Abdichtung auch einen Nachteil. Sie ist so dicht, daß auch das Wasser nur geringfügig durchtritt. Dies bedeutet bei der Einbringung der meist sehr wasserreichen Schlämme ein rasches Füllen der Deponie. Daher ist man gezwungen, mittels Saugleitungen das separierte Wasser auszupumpen und aufzubereiten. Nach Verfüllung der Deponie wird sie mit Muttererde zugedeckt und begrünt. Dies ist bereits für einen Teil der Deponie geschehen. Probebohrungen in den bereits mit Erde abgedeckten Teilen der Deponie zeigten, daß auch nach 17 Jahren der Schlamm nicht biologisch abgebaut wurde, was auf lange Sicht doch eine gewisse Gefährdung des Grundwassers darstellen kann.

Eine günstigere Form der Deponie könnte das System Pajab darstellen. Die in Schweden entwickelte "Pajab-Grube" stellt eine kombinierte Isolier-, Filtrier- und Neutralisationsgrube zur Aufnahme von ölhältigen Erd- und Schlamm-Massen, Ölvermengtem Wasser und Ölschlamm dar.

Die Deponierung in der Pajab-Grube umschließt zwei Stufen:

- a) Einbringung und Entwässerung
- b) Biologischer Abbau

Zu a)

Die Wände der Grube werden vor der Befüllung mit speziellen Chemikalien behandelt. Diese Chemikalien kristallisieren aus und haben die Wirkung eines Filters (Pajab -C, Pajab-FI). Es wird fortlaufend Wasser entzogen und filtriert, in eigenen Sickerleitungen gesammelt und ist aus der Sicht der Kohlenwasserstoffbelastung, zwischen 0,1 und 0,5 mg/l, direkt für den Vorfluter geeignet.

Emulsionen müssen allerdings vor der Einbringung gespalten respektive geflockt werden.

Zu b)

Nach der Verfüllung werden Belebtschlamm und spezielle Selten-erdmetalle zugesetzt. Danach wird die Deponie mit einer speziellen Schicht, die durch verbesserte Sauerstoffausnutzung und Gelatbildung die mikrobielle Zersetzung und den Pflanzenwuchs fördert, abgedeckt. Nach etwa 5 bis 6 Monaten, in denen sich die Deponie verfestigt, beginnt das Öl sich in eine kompostartige Masse umzuwandeln (7). Siehe dazu auch die Tabelle 4 auf Seite M-09.

#### Verbrennung

Die Verbrennung ist vor allem in den Raffinerien ein häufig angewandtes Entsorgungsverfahren für Ölschlämme. Da dieses Verfahren im Referat über die Ölschlammbehandlung im Bereich der Mineralölverarbeitung ausführlich besprochen wird, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

#### Biologische Aufarbeitung

Die aerobe Verrottung ("Land Spreading") wird in den USA zum Teil seit mehr als 20 Jahren praktiziert. So pumpte z.B. eine Firma in Texas den Ölschlamm (12) aus den API-Abscheidern in zwei Gruben, wo er ein bis zwei Jahre gelagert wird. Anschließend



T a b e l l e 4

Kenndaten von Bodenproben aus einer Untersuchung  
des ESSO-Forschungszentrums in Hamburg (7)

		Grubeninhalt		Garten- kompost
		nach 2 Monaten	nach 2 Jahren	
pH-Wert		5,6	4,7	5,9
Wassergehalt	Gew. %	62	27	29
Von der Trockensubstanz:				
Oxidasche	Gew. %	25,8	76,6	87,0
Art der Asche	Haupt	Si, Fe, Al	Si, Fe, Al	Si, Fe, Al
	Neben	Ba, K, Ca	Ba, K, Ca	Ba, K, Ca
		Zn, S, Pb	Zn, S	
Gesamt-Stickstoff	Gew. %	0,25	1,26	0,46
Gesamt-Kalium	Gew. %	0,12	0,60	0,40
extrahierbare organische Substanz	Gew. %	50,0	2,51	0,04
Von der organischen Substanz:				
polare Verbindungen	g/kg	130,0	17,2	0,26
Kohlenwasserstoffe	g/kg	370,0	7,9	0,14
Von den Kohlenwasserstoffen:				
Siedebeginn/Siedeende	°C	210/570	280/800	
Aromaten	%	14,8	48,7	
Paraffine	%	85,2	51,3	

wird das separierte Wasser entfernt und der abgesetzte Schlamm mit Spezialfahrzeugen auf das umliegende Grasland aufgesprüht und verteilt. Nach einem teilweisen Trocknen des Schlammes wird dieser mittels Traktoren mehrmals intensiv ein- und umgeackert um den biologischen Abbau zu stimulieren. Der Untergrund ist ein Tonboden. Durchschnittlich bestand der ausgetragene Schlamm aus 20% KW, 25% Feststoffen und 55% Wasser.

In 3 bis 4 Monaten ist der Boden wieder von einer Grasschicht bedeckt. Da der natürliche Sauerstoffgehalt im Boden für die Verrottung des Öles nicht ausreicht, ist eine kräftige Belüftung des Bodens durch Kultivierung notwendig.

### Separation

Für die Separation von Ölschlämmen, die meist als Wasser/Öl/Feststoff-System anfallen, sind mechanische, thermische, chemische und elektrische Trennverfahren einsetzbar, wobei in der Praxis auch Kombinationen dieser Möglichkeiten zur Anwendung kommen.

Das Verfahrensprinzip dieser Aufarbeitung besteht aus zwei Trennschritten. Im ersten Schritt wird die in fast allen Fällen vorhandene Emulsion der beiden flüssigen Phasen gebrochen; je nach Emulsionstyp und Benetzungseigenschaften wird dabei der Feststoff nur in einer der beiden Flüssigkeiten, im allgemeinen der Ölphase, verbleiben. Im zweiten Trennschritt muß nun der Feststoff aus dieser Flüssigkeit abgeschieden werden. Für diese fest-flüssige Trennung stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

- Sedimentation
- Flotation
- Filtration
- Zentrifugieren
- Pressen

Mit Ausnahme der Flotation wurden die übrigen vier Verfahren bei den noch zu referierenden eigenen Versuchen zur Schlammseparation einer vergleichenden Untersuchung unterzogen, sodaß auf diese Verfahren nicht hier sondern etwas später genauer eingegangen wird.

Zunächst soll jedoch noch eine Möglichkeit der Schlammseparation dargestellt werden, die nur sehr selten als Separationsprinzip Anwendung findet: Die Behandlung mit Ultraschall. Ultraschall hat, je nach den Betriebsbedingungen, die Fähigkeit, mehrphasige flüssige Systeme zu emulgieren bzw. dispergieren oder zu entmischen.

Diese Eigenschaften werden auch in verschiedenen technischen Prozessen genutzt. Zu Beginn der Fünfzigerjahre wurden auch Versuche zur Separation von Schlamm und Abwasser mittels Ultraschall durchgeführt, wobei die Ergebnisse unterschiedlich waren.

Während Bergmann (1) und Husmann (2) keinen Separationseffekt beobachten konnten, beobachtete Lyon (3) einen solchen.

Von den in der Literatur beschriebenen Ultraschallseparierungen ist das von Bilhartz und Nellis (4) entwickelte Verfahren, US. Pat. 3,594.314 (1971) für unseren Zweck am interessantesten.

Dieses Verfahren arbeitet mit Ultraschall in Kombination mit chemischen Mitteln und ist für einen Ölschlamm, der dem Deponieschlamm in der Konsistenz sehr ähnelt, ausgelegt. Vor allem kann bei dieser Methode der Literatur folgend ein Aufspalten des Schlammes in Rohöl, Wasser und Sediment erreicht werden.

Das Verfahren ist ein Mehrstufen-Verfahren. In der ersten Stufe wird der Schlamm einer energieschwachen Ultraschallbehandlung unterworfen, die emulsionsbrechend wirkt. Das aufschwimmende Öl wird entfernt. Die mittlere Phase, eine leichte Emulsion, wird in einer zweiten Stufe nochmals einer schwachen Ultraschallbehandlung unterzogen, während die Schwerstphase in einer dritten Stufe einer energiestarken Ultraschallbehandlung unterworfen wird. Nach dem Absetzen in Absetzbecken wird das Rohöl entfernt und die mittlere Phase in einer vierten Stufe chemisch behandelt. Die Schwerstphase wird der Starkstufe rückgeführt, siehe das Schema in Abb.<sup>1</sup>.

Die experimentelle Überprüfung dieses Verfahrens an unserem Institut zeigte, daß sich zwar für bestimmte Schlammproben Separationseffekte erreichen ließen, daß jedoch die Abhängigkeit der spezifischen Beschallungsbedingungen vom makroskopischen Aufbau und der anteilmäßigen Zusammensetzung des Ölschlammes sehr stark ist. Es ließen sich daher bei der doch in größeren Bereichen schwankenden Zusammensetzung und dem unterschiedlichen Emulsionsaufbau der zu behandelnden Schlämme für diese keine einheitlichen Arbeitsbedingungen für die Beschallung finden.

### Neue Entwicklung

Die Situation der Schlammdeponie Schönkirchen war von der Tatsache geprägt, daß ÖMV-interne Trennversuche, aber auch solche von Firmen der Chemischen Industrie sowie des Apparatebaues und der Verfahrenstechnik keinen Erfolg gebracht hatten. Mit den angewandten Methoden konnte der Wassergehalt der Schlämme und somit das Deponievolumen nicht reduziert werden; lediglich ein kleinerer Teil des Rohöls konnte, wie erwähnt, mit Sandvik-Bändern abgezogen werden.

Ziel der eigenen Forschung und Entwicklung sollte daher ein Aufbereitungsverfahren sein, mit welchem eine hohe Rückgewinnungsquote für den Rohölanteil und eine wesentliche Verminderung des zu deponierenden Volumens erreicht werden kann. Das gewünschte Verfahren sollte nicht nur die anfallenden Schlämme aus dem laufenden Förderbetrieb behandeln, sondern auch zur allmählichen Aufarbeitung des bereits gelagerten Deponieschlammes dienen. Da auf Grund der großen zu behandelnden Mengen eine Schlammverbrennung oder ein anderes thermisches Verfahren zu kostenintensiv wäre, sollten nach Möglichkeit mechanische und/oder chemische Methoden zum Einsatz kommen.

Im ersten Stadium der Laborversuche mit den verschiedenen Schlammtypen wurden diese zunächst mikroskopisch auf ihre Struktur untersucht und der Einfluß von hochtourigem Intensiv-Rühren sowie die Veränderung des pH-Wertes und die Zugabe von Spaltern und Flockungsmitteln auf der Basis organischer Polymere studiert.

Beim Deponieschwimmschlamm zeigte sich, daß dieser Schlamm eine W/O-Emulsion ist. In dieser Emulsion sind sowohl in den Wassertröpfchen als auch in der Ölphase feinste Feststoffteilchen eingebaut. Die Emulsion ist relativ grobdispers.

Konditioniert man diesen Schlamm mittels einer intensiven Rührung, so sinkt die Viskosität von ca. 1400 cSt auf ca. 50 cSt. Erreicht wird dies durch eine Inversion. Aus der W/O-Emulsion bildet sich eine O/W-Emulsion, wobei sich in den Öltröpfchen, die in der Wasserphase dispergiert sind, noch kleinere Wassertröpfchen befinden,

somit ein W/O-W-Emulsionstyp vorliegt. Diese Öltröpfchen rahmen mit der Zeit auf, wieder eine W/O-Emulsionsschwimmschlammschicht bildend.

Betrachtet man die Schlämme aus der Flutanlage unter dem Mikroskop, so erkennt man im Vergleich den Unterschied in Struktur und Aufbau zu den Schlämmen aus der Deponie oder dem Tanklager. Man kann sie kaum als echte O/W-Emulsion bezeichnen, eher sind sie als eine Suspension von Feststoffen mit vereinzelt Öltröpfchen zu bezeichnen. Es gibt zwischen den Schlämmen der einzelnen Sedimentationsbecken Unterschiede. Bei den Schlämmen aus den Becken II und III handelt es sich um sedimentierte Schmutzstoffe mit wenig Öl, bei den Schlämmen aus den Becken IV und V liegt der Ölgehalt höher und die Öltröpfchen sind neben den Schmutzteilchen in Eisenhydroxid eingebettet. Zu berücksichtigen ist aber auch die Tatsache, daß der Ölgehalt und der Anteil an Schmutzstoffen in den Schlämmen entsprechend der Verschmutzung des Abwassers aus dem Erdölfeld beträchtlich schwanken kann.

Bei den Schlämmen aus der Deponie und aus der Flutanlage zeigte sich, daß eine erfolgreiche Flockung erst dann möglich wurde, wenn die Schlämme zuvor einer mechanisch-chemischen Konditionierung unterzogen worden waren. Erst nach diesem Konditionierungsschritt, i.e. Intensiv-Rührung unter Zusatz von Chemikalien, brachte die Zugabe von Flockungsmitteln den gewünschten Trenneffekt.

Für den Tanklager-Schlamm mußte ein anderer Weg der Konditionierung beschritten werden. Dieser Schlamm zeichnet sich durch einen besonders hohen Ölanteil, im Extremfall bis zu 70% Gew., aus. Eine Konditionierung wie beim Deponieschlamm durch Inversion von W/O in eine (W/O)W-Emulsion mittels Intensivrührung ist hier bedingt durch den zu hohen Ölanteil nur schwer möglich. Daher kann diese Art der Separierung ausgeschlossen werden, wie dies diverse praktische Versuche ohne nennenswerten Separationserfolg bestätigen.

Verdünnt man diesen Schlamm aber mit Wasser unter kurzer Intensiv-  
rührung, so tritt eine Art "Auswascheffekt" des Schlammes ein.  
Durch diese Behandlung, bei der keine sichtbare Emulgierung auf-  
trat, wird ein Großteil des Feststoffes aus dem Schlamm ausge-  
waschen und verbleibt in der Wasserphase. Die aufschwimmenden Öl-  
anteile erreichen damit eine Qualität, die besser ist als jene  
der in der Flutanlage aufschwimmenden Rohölanteile.

Aufgrund der Ergebnisse dieser sehr umfangreich durchgeführten Ver-  
suchsreihe mit den einzelnen Schlammarten zeichnete sich die Mög-  
lichkeit ab, alle drei Schlammtypen einer gemeinsamen Aufarbeitung  
zuzuführen, wobei die drei Schlämme zuerst vermischt werden und  
dabei der Tanklagerschlamm die notwendige Verdünnung mit den hohen  
Wasseranteilen der beiden anderen Schlämme erfährt. (9)

Das resultierende Verfahrensschema einer solchen gemeinsamen  
Schlammaufarbeitung zeigt die Abbildung 2. Dieser Verfahrensent-  
wurf wurde zunächst in einer kleintechnischen Versuchsanlage im  
Technikum unseres Instituts überprüft. Das positive Ergebnis führte  
im Frühjahr 1978 zu einer Pilotanlage, die in enger Zusammenarbeit  
mit der ÖMV konzipiert und im On-line Betrieb auf dem Gelände der  
Flutanlage betrieben wurde um Daten und Erfahrung für die industri-  
elle Anlage zu erhalten. Der als Feed zugeleitete Mischschlamm  
hatte eine Zusammensetzung von 5% Feststoff, 15% KW, 80% Wasser.

Bei diesem Pilotanlagenbetrieb wurden in der Separationsstufe zur  
Optimierung des Verfahrens drei verschiedene Maschinentypen ein-  
gesetzt:

<u>Maschinen-Typ:</u>	<u>Hersteller:</u>
Vakuum-Trommelfilter	Krauss-Maffei, München
Dekanter-Zentrifuge	Flottweg, BRD
Siebband-Presse	Maschinenfabrik Andritz, Graz

Mit allen drei Maschinen konnte die Separation prinzipiell erfolg-  
reich durchgeführt werden.

Die bei dieser Variation sich ergebenden Mengenströme sind in den  
folgenden Abbildungen 3 bis 5 dargestellt.

Ein Vergleich hinsichtlich der Betriebsbedingungen, Trenngüte und Kosten zeigte die folgenden Verhältnisse:

Das Trommelfilter trennt nur in Wasser und einen ölhältigen Kuchen auf, aus welchem das Öl in einem zusätzlichen Arbeitsgang abgetrennt werden muß.

Der Dekanter separiert in Wasser, Öl und Feststoffen mit guten Resultaten; der Nachteil besteht in der sehr starken Abhängigkeit der richtigen Arbeitsbedingungen des Dekanters von der Zusammensetzung des Schlammes.

Die Siebbandpresse schließlich trennt mit ähnlich gutem Effekt in alle drei Komponenten, arbeitet überdies in einem sehr weiten Bereich der Schlammzusammensetzung stabil. Es zeigt sich, daß nahezu zwei Drittel des Öles und fast der gesamte Wasseranteil zurückgewonnen werden können. Der verbleibende Presskuchen enthält noch etwa 50% Wasser und einen Rest von Kohlenwasserstoffen. Der Kohlenwasserstoffanteil dieses Restkuchens kann chemisch durch Extraktion (z.B. mit einer Benzinfraktion) oder auch biologisch entfernt bzw. abgebaut werden.

Bei der Einführung eines solchen Verfahrens ist neben der technischen Durchführbarkeit die Kostenfrage meist von ausschlaggebender Bedeutung. Es wurde bereits dargelegt, daß betriebstechnische Gründe für den Einsatz einer Siebbandpresse sprechen. Bei einem Vergleich der Investitions- und Betriebskosten für die drei untersuchten Separationsvarianten ergibt sich folgendes Bild:

Die billigste Maschine ist das Vakuum-Trommelfilter; Dekanter und Siebbandpresse sind etwa gleich teuer, wobei die Siebbandpresse eine längere Nutzungsdauer und kleinere Reparaturkosten aufwies.

Der Personalbedarf für Überwachung und Reinigung ist bei der Siebbandpresse am kleinsten, beim Dekanter am größten. Das gleiche gilt für den Energiebedarf und zwar in einem Verhältnis von etwa 1:10 zugunsten der Siebbandpresse. Bei den Kosten für Betriebsmittel wirken sich beim Vakuum-Trommelfilter die hohen Kosten für Precoat-Material negativ aus.

Der Dekanter kann den Einsatz bei Normaltemperaturen nicht verarbeiten. Der Einsatz muß daher einer Vorwärmung unterzogen werden, was zusätzliche Energiekosten verursacht.

Aus diesen verschiedenen Punkten ergibt sich:

Für die Erdölrückgewinnung, die bei Einsatz eines Trommelfilters einen separaten nachgeschalteten Prozeß erfordern würde, ergibt sich aufgrund der etwas besseren Trennleistung des Dekanters gegenüber der Siebbandpresse ein leichter Vorteil für den Dekanter.

Vergleicht man Vor- und Nachteile der drei Separationsmaschinen, so zeigt sich, daß die Siebbandpresse relativ teuer in der Anschaffung ist, jedoch die geringsten Betriebskosten hat. Die aus den Betriebsergebnissen der Pilotanlage auf der Preisbasis von 1978 hochgerechneten Kosten für die Verarbeitung des Schlammes ergaben, daß diese nicht nur kostendeckend sondern sogar mit finanziellem Gewinn durchgeführt werden kann.

### Zusammenfassung

Durch die Anwendung des geschilderten Prozesses für die Separierung von ölhältigen Schlämmen wie sie in den Förderbetrieben eines Ölfeldes anfallen, ergeben sich neben der Lösung eines bedeutenden Problems des Umweltschutzes für den Förderbetrieb auch noch folgende betriebliche Vorteile:

- eine bedeutende Verminderung der Kohlenwasserstoff-Verluste im Feld durch die Rohölrückgewinnung von mind. 5600 t/anno (Berechnungsbasis 1977). Dies entspricht etwa 0,43% der in diesem Raum geförderten Erdölmenge bzw. ca. 50% der im Jahr 1977 durch die Schlammverföhrung bedingten Kohlenwasserstoff-Verluste,
- ein Wegfall der Schlammverpumpung von der Flutanlage zur Deponie. Dies bedingt eine bedeutende Kostenersparnis,
- eine bedeutende Reduzierung des notwendigen Deponievolumens dadurch, daß der verbleibende Feststoff auf mindestens ein Fünftel des ursprünglichen Volumens reduziert werden kann,
- Wiedergewinnung des überwiegenden Anteils des Wassers, das neuerlich als Betriebswasser eingesetzt werden kann und daher den Wasserbedarf sehr stark reduziert.



LITERATUR:

1. L.Bergmann, "Der Ultraschall", 1954
2. Husmann, "Der Gesundheitsingenieur", 1952
3. M.Lyon, "Sewage and Industrial Waste", 1951
4. Bilhartz und Nellis, U.S.Pat. 3,594.314
5. R.Tlustos, Persönliche Mitteilungen ÖMV AG
6. H.J.Neumann, Habilitationsschrift über Eigenschaften an Wasser - Öl - Grenzflächen .
7. Aus Unterlagen der Firma Wispa, Zürich und des Forschungszentrums Hamburg der ESSO AG
8. Untersuchung des Betriebslabors Förderbetriebe ÖMV AG
9. A.Hackl und A.Prior, "Filtration and Separation of Oil Containing Sludges", 2.Weltfiltrationskongreß, London, 1979
10. A.Prior, Dissertation T.U. Wien, 1978

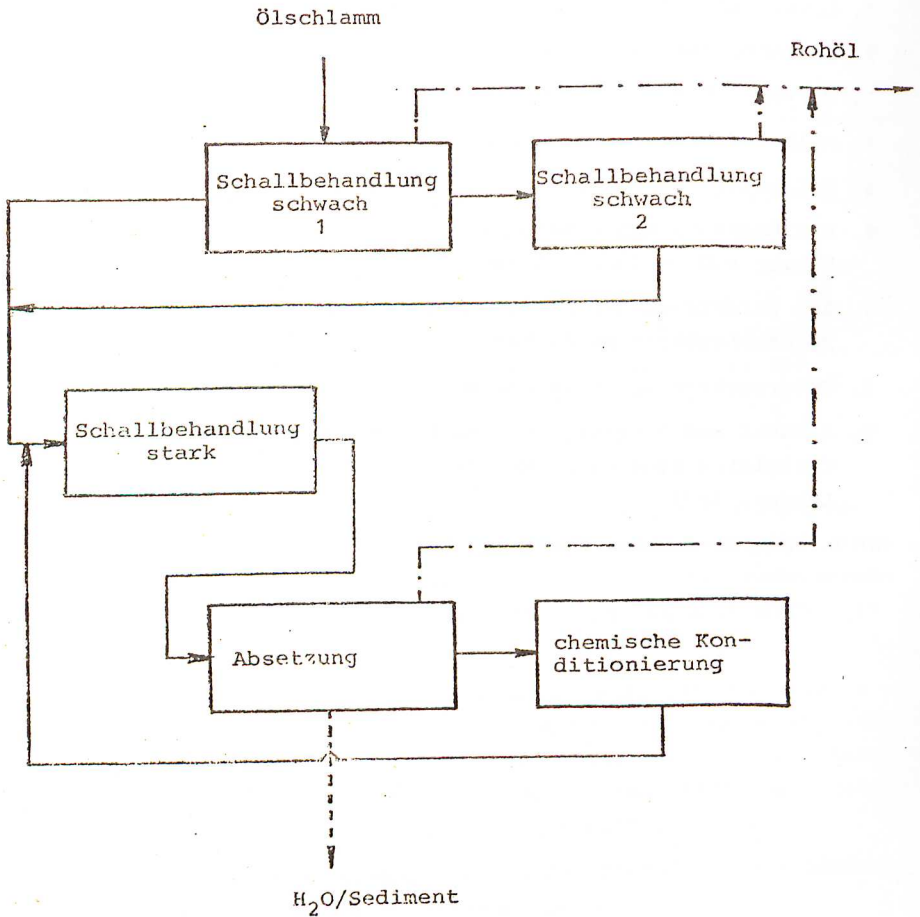


Abb. 1: Verfahrensschema nach U.S.Pat. 3,594.314  
(vereinfacht)

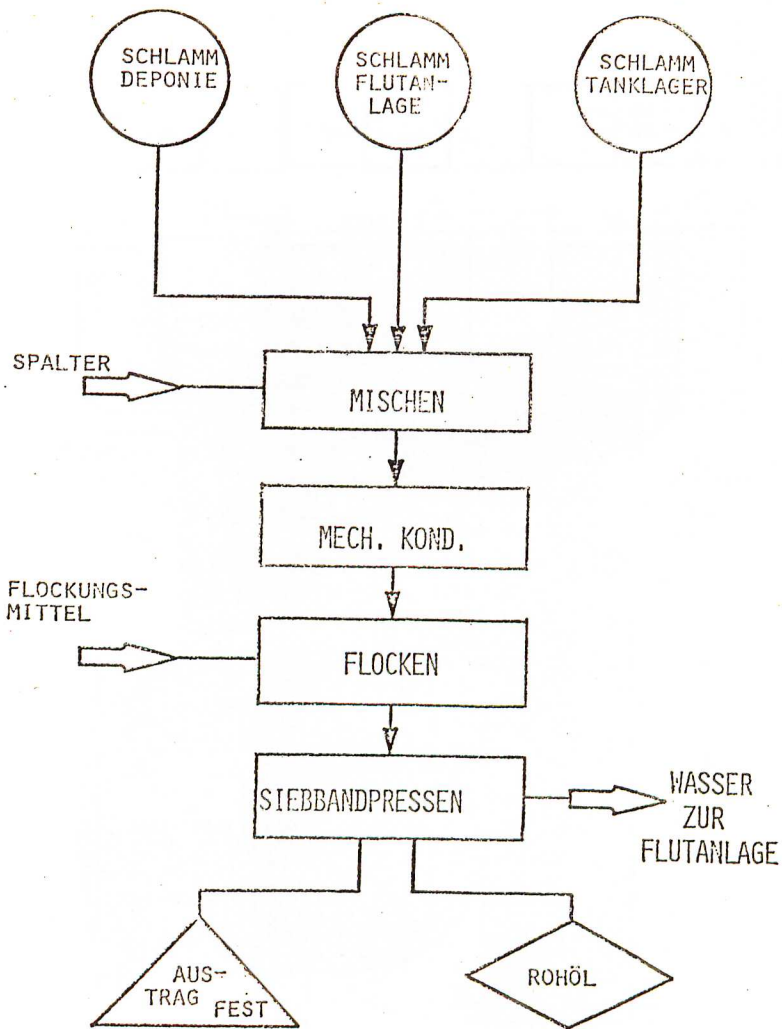


Abb.2 : Verfahrensfließbild der Schlammaufarbeitung mittels einer Siebbandpresse

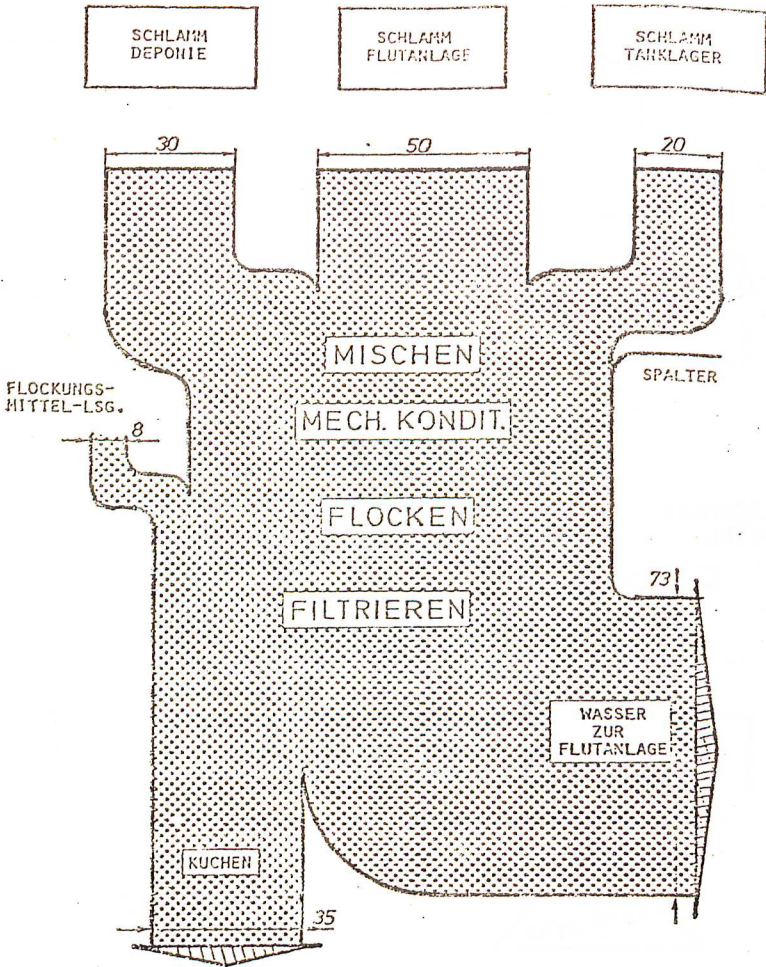


Abb. 3 : Mengenstrombild der Schlammaufarbeitung bei Verwendung eines Vakuum-Trommeldrehfilters bei einer Mischschlammzusammensetzung von 15 % KW, 5 % Feststoffen, 80 % Wasser

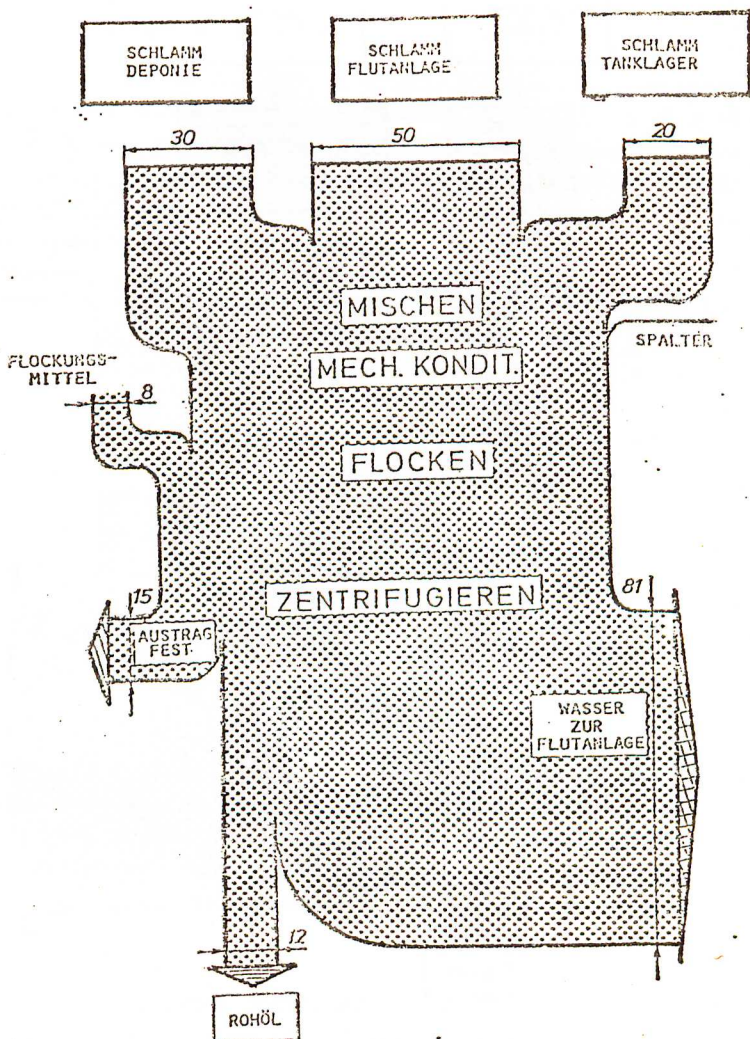


Abb. 4 : Mengenstrombild der Schlammaufarbeitung bei Verwendung einer Dekantierzentrifuge bei einer Mischschlammzusammensetzung von 15 % KW, 5 % Feststoffen, 80 % Wasser

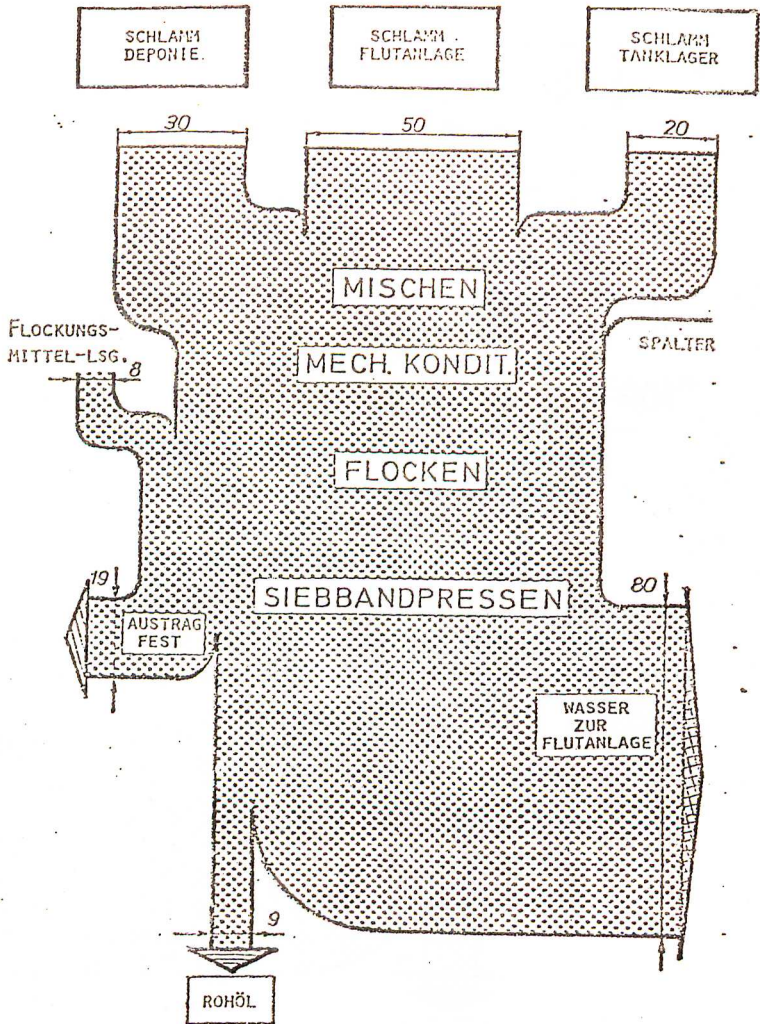


Abb. 5: Mengenstrombild der Schlammaufarbeitung bei Verwendung einer Siebbandpresse bei einer Mischschlammzusammensetzung von 15 % KW, 5 % Feststoffen, 80 % Wasser