Abscheidewirkung und Bemessungsgrundlagen für Leichtflüssigkeitsabscheider

T 741

Fraunhofer IRB Verlag

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69 70504 Stuttgart

Nobelstraße 12 70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00 Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 741: Abscheidewirkung und Bemessungsgrundlagen für Leichtflüssigkeitsabscheider.

gewerbeanstalt Bayern

LGA



Zweigstelle Würzburg

Institut für Sanitärund Abwassertechnik

 $Landesgewerbeanstalt \, Bayern \cdot Dreikronenstr. 31 \cdot 8700 \, W\"urzburg$

M-Nr. A 131/80

Würzburg, Januar 1981 Gra/kl

Regierungsbaumeister Dipl.-Ing. Karl Grasmeier Baudirektor Forschungsbericht
Abscheidewirkung und Bemessungsgrundlagen für Leichtflüssigkeitsabscheider

Schlußbericht

Im Auftrag des Institutes für Bautechnik, Berlin
IV/1-5-120/76/77/79

Der Schlußbericht umfaßt 52 Seiten nebst 19 Seiten Anlagen.

Informationsverbundzentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft
Md. Nr. Pags 1502

Die wesentliche Aufgabe dieser Arbeit läßt sich in 3 Hauptthemen aufgliedern, welche wie folgt bezeichnet werden können:

- 1. Feststellung der Wirkungsgrade von Abscheidern nach DIN 1999, wenn als Maßstab der Leichtflüssigkeitsgehalt im Auslauf zugrunde gelegt wird.
- 2. Erarbeitung eines neuen, präziseren, wirtschaftlicheren und praxisgerechten Prüfverfahrens für die Zulassung von Abscheidern.
- 3. Erarbeitung einer Schnellmethode zur Untersuchung der unterschiedlichen Abscheidefähigkeit oder Abscheidefreundlichkeit der verschiedensten Mineralöle als Klammer zwischen dem Prüfverfahren und der Bemessung eines Abscheiders in der Praxis.

Im Verlauf der Arbeiten ergab sich, daß noch zusätzliche Themen zum besseren Verständnis der Zusammenhänge ausgearbeitet werden sollten. Es handelt sich hierbei um:

- 4. Zusätzliches Literaturstudium auch über die Konstruktion von Abscheidern.
- 5. Gezielte Untersuchung der Eignung von Verfahren zur Spurenanalyse von Leichtflüssigkeiten in Wasser.

Die Arbeiten wurden vorbereitet mit einer Sichtung und Auswertung der Literatur. Dann folgten Labor- und Prüfstandsversuche zur Auswahl ge- eigneter Verfahren der Spurenanalyse von Heizöl in Wasser. Diese Versuche gingen in die Hauptversuche über das Verhalten der Abscheider und die Mög- lichkeiten zur Beurteilung der Auslaufqualität über. Sie wurden dann noch mit Unterlagen aus Zulassungsprüfungen verglichen und ausgewertet.

Schließlich folgten weitere Literaturstudien und Laborversuche mit unterschiedlichen Leichtflüssigkeiten im Vergleich mit Heizöl außerhalb von Abscheidern zur Erarbeitung von Maßstäben über die Abscheidefreundlichkeit der Stoffe. Prüfstandsversuche mit Vergaserkraftstoff sowie Analysen von Proben aus Entkonservierungsanlagen zur Feststellung der Übertragbarkeit bildeten dann den Abschluß der Untersuchungen.

Die Arbeiten führen zusammenfassend zu folgenden Ergebnissen:

Die Literaturdurchsicht über Wirkung, Bemessung oder Konstruktionsgrundsätze von Abscheidern ergab nichts, was nicht schon in DIN 1999 eingearbeitet gewesen wäre.

Das bisher übliche Prüfverfahren für Abscheider, die sogenannte "Rückschöpfmethode" sollte verlassen und durch eine Messung der Kontamination des Auslaufes ersetzt werden. Wie dies zu erreichen ist, fanden sich in der Literatur keinerlei Hinweise. Somit stellen die Untersuchungen über das Verhalten von Abscheidern und der anfallenden Kontamination des Auslaufwassers in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsbedingungen den Hauptteil der Arbeiten dar.

Voraussetzung dazu war die Untersuchung von Methoden zur Feststellung der Kontamination und die Auswahl der unter den technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen am besten geeigneten Methode. Diese fand sich in der nicht-dispersiven IR-Analytik.

Von allen Methoden der Spurenanalyse von Leichtflüssigkeiten in Wasser erweist sich sowohl nach der Literatur als auch nach eigenen Feststellungen allein die IR-Spektroskopie als geeignet. Sie reicht für sich allein aus, solange die Herkunft der zu untersuchenden Leichtflüssigkeit bekannt ist und ist bei Anwendung der nicht-dispersiven Analytik dazu auch noch kostengünstig und einfach zu handhaben. Erst wenn Stoffe unbekannter Herkunft mit zu betrachten wären, müßte eine zusätzliche, qualitative Analyse mit angewandt werden, da für die Kontamination des Auslaufes hinter einem Abscheider nur mineralölbürtige Kohlenwasserstoffe von Interesse sind.

Die Untersuchungen über das Verhalten von Abscheidern unter bestimmten Betriebsbedingungen haben ergeben, daß eine Kontamination im Ablauf bei konstantem Zulauf an Wasser und Leichtflüssigkeit nach einer Anlaufphase eines Wasserzulaufes von etwa dem 4-fachen Inhalt des Beckens eine Kulmination erreicht. Dann verbleibt das Abscheideverhalten in diesem Beharrungszustand, solange der Zufluß konstant bleibt. Vor diesem Beharrungszeitraum und nach Abstellen der Zufuhr ist eine deutlich geringere Kontamination vorhanden.

Dieses Verhalten eines Abscheiders ist reproduzierbar und linear. Es läßt sich durch Anfahren einiger weniger Betriebspunkte in kurzer Zeit im Prüffeld erarbeiten und in einem Kennlinienfeld durch Interpolation von Zwischenwerten graphisch darstellen.

Reihenmessungen zeigen, daß gut konstruierte Abscheider nach DIN 1999 bei
kontinuierlichem Betrieb mit Heizöl auf
dem Prüfstand Kontaminationen nicht unter
25 ppm = 20 mg/l und nicht über 100 ppm
= 85 mg/l erreichen. Kontinuierlicher Betrieb und Anforderungen nach einer niedrigeren Restverschmutzung als 25 ppm lassen sich bei Abscheidern nach DIN 1999
selbst bei abscheidefreundlichen Leichtflüssigkeiten nicht mehr ohne Nachschaltung eines Filters erreichen.

Im Vergleich runder und rechteckiger
Beckenformen ergibt sich aus einer
Vielzahl von Zulassungsprüfungen im
Forschungszeitraum die Erfahrung, daß
runde Becken günstiger sind als rechteckige. Der Grund für dieses, im Gegensatz zu den Erkenntnissen der Klärtechnik stehende Verhalten ist in der höheren Durchflußgeschwindigkeit, gerichteter Strömung und damit dem Vermeiden von
"Totwalzen" sowie auch im wesentlich anderen Dichteverhältnis zwischen Leichtflüssigkeit und Trägerflüssigkeit im Abscheider zu suchen.

Zum wirtschaftlichen Vergleich von Prüfstandsergebnissen bei Heizöl mit Praxisbedingungen bei anderen Leichtflüssigkeiten wurden Schnellmethoden erarbeitet, die eine Simulation des Abscheideverhaltens mit kleinen Proben ohne Großversuch in einem Abscheider gestatten. Diese Methoden liefern Aussagen über die Abscheidefreundlichkeit von Leichtflüssigkeiten und deren Löslichkeit. Die Verfahren zeigen auf einfache Weise die Grenzen des zu erwartenden Abscheideeffektes und geben auch Auskunft über erforderliche Nachbehandlungsmaßnahmen.

Prüfstandsversuche mit Vergaserkraftstoff, welche zur Feststellung der Übertragbarkeit von Ergebnissen der Schnellversuche durchgeführt wurden, ergaben größere Streuungen, aber insgesamt geringere Kontaminationen als bei Prüfstandsversuchen mit Gasöl. Dies erklärt sich aus erheblich geringerer Dichte des Vergaserkraftstoffes und aus der Flüchtigkeit der Bestandteile, bei der der Zeitfaktor eine sehr große Rolle spielt.

Untersuchungen an 2 Fahrzeug-Entkonservierungsanlagen ergaben übereinstimmend eine anscheinend unüberbrückbare Kluft zwischen der Wirtschaftlichkeit des Entkonservierungsverfahrens und der Kontamination des Abwassers am Auslauf des Abscheiders. Da die Entkonservierung aus wirtschaftlichen Gründen nur durch sehr starke Dispersion bzw. Emulsionsbildung des Entkonservierungsmittels möglich ist, werden im Abscheider nur angelöste Konservierungswachse und mit diesen in Lösung gegangene Anteile des Entkonservierungsmittels zurückgehalten, während der größte Teil der Entkonservierungsflüssigkeit als Emulsion im Auslauf des Abscheiders wiederzufinden ist.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ziel und Aufgabe des Forschungsvorhabens	S. 9
	Ergebnisse des Literaturstudiums	S.12 S.12
	Beschreibungen der Funktion	
	Konstruktive Angaben	S.14
	Bisheriges Prüfverfahren	S.18
	Analysenverfahren	S.19
	Ölgehalt im Zulauf	S.21
2.6	Beurteilung des Verhaltens von Leicht-	
	flüssigkeit in Wasser	S.22
3.	Ergebnisse der Vorversuche	S.23
3.1	Vorbemerkungen	S.23
3.2	Übertragbarkeit der Meßwerte	S.24
3.3	Wasserlöslichkeit von Gasöl	S.28
4.	Messung der Abscheidewirkung	S.30
4.1	Wirkungsgrad	S.30
4.2	Darstellung und Auswertung der Meß-	
	ergebnisse	S.33
4.3	Rechnerischer Nachweis	S.38
4.4	Vorschlag für ein neues Prüfverfahren	S.41
5.	Untersuchung verschiedener Leichtflüssig-	
	keiten	S.42
5.1	Anzeigeverhalten der Meßapparatur	S.43
5.2	Simulation der Abscheidewirkung	S.45
5.3	Einflüsse stärkerer Dispersion	S.48
5.4	Einfluß der Wasserqualität	S.49
5.5	Versuche mit Abscheidern	S.50
6.	Anlagen	
	Tabellen 1 - 7	
	Bilder 1 - 7	
	Literaturverzeichnis	

1. Ziel und Aufgabe des Forschungsvorhabens

Abscheider für Leichtflüssigkeiten, in der Umgangssprache als "Benzinabscheider" bezeichnet, sind aus der Literatur schon seit etwa Mitte der zwanziger Jahre bekannt gewesen. Breite Verwendung in Entwässerungssystemen erfolgte jedoch erst von den dreissiger Jahren an, als wegen des aufkommenden Kraftfahrzeugverkehrs gelegentlich auch auslaufendes Benzin zu Kanalexplosionen geführt hatte und ihr Einbau daraufhin zuerst in den Bereichen der Wasch- und Pflegeanlagen für Kraftfahrzeuge gefordert wurde. Damit war auch über lange Zeit die Aufgabe solcher Abscheider klar umrissen: Sie sollten als Sicherheitsorgan dafür Sorge tragen, daß sich im Kanalnetz keine zerknallfähigen Gemische bilden konnten.

Der Nachweis der Erfüllung solcher rein bauaufsichtlicher Anforderungen ließ sich damals noch leicht durch einfache, wenn auch ungenaue Prüfungen erbringen, wobei es nur darauf ankam, die Abscheider bei Anfall von Vergaserkraftstoffen grob miteinander hydraulisch zu vergleichen. Ein qualitativer Vergleich der Abscheidewirkung bei verschiedenen Leichtflüssigkeiten war damals nicht notwendig und schon gar nicht ein hoher Wirkungsgrad, wie er heute üblich ist.

Nach Verkündung des Wasserhaushaltsgesetzes, als fast gleichzeitig auch Kasernen und Flughäfen im großen Stil erbaut wurden, nahmen die Anforderungen an Benzinabscheider in bisher ungewohnter Weise zu. weil sie jetzt auch für gewässeraufsichtliche Maßnahmen den Schutz der biologischen Teile der Kläranlagen und des Vorfluters zu übernehmen hatten. Seither war natürlich auch die Abscheidewirkung unter differenzierteren Gesichtspunkten zu betrachten. Dieser Maßstab führte zu einer Verfeinerung der gesamten Abscheidetechnik, welche auch früher oder später eine Umstellung der Prüftechnik auf diese neuen Gegebenheiten zur Folge haben muß.

Ziel dieses Forschungsauftrages sollte daher vor allem sein, mit praktischen Abscheideversuchen die Grenzen der heute bekannten Abscheidetechnik der Schwerkraftabscheider abzutasten und neue Erkenntnisse für die Prüfung von Abscheidern zu erarbeiten, welche es gestatten, schon aus dem Prüfungsergebnis zu einer besseren Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten eines bestimmten Abscheiders zu kommen; insbesondere gilt dies, wenn aus der Art der abzuscheidenden Stoffe, der Konzentration des Abwassers und anderer Einflußgrößen vom Normalfall abgewichen werden muß. Über derartige Besonderheiten geben die derzeitigen Bemessungsregeln nur unvollkommen Auskunft und die

 bisher praktizierten Prüfverfahren haben keinerlei Bezugnahmen zum praktischen Einbaufall.

Eine weitere Aufgabe dieses Forschungsauftrages besteht ferner darin, Prüfmethoden auch nach der Wirtschaftlichkeit hin zu beurteilen.

Diese Wünsche führten in der Zusammenfassung zu drei Hauptaufgaben dieses Forschungsauftrages:

- Untersuchung und Feststellung der Wirkungsgrade von Abscheidern nach DIN 1999 unter Zugrundelegung der Auslaufqualität.
- Erarbeitung neuer Prüfmethoden für die Zulassung von Abscheidern unter dem Gesichtspunkt der Praxisnähe und der Wirtschaftlichkeit.
- Untersuchung der Abscheidefähigkeit von verschiedenen Leichtflüssigkeiten zur Erarbeitung von Schnellmethoden für die Beurteilung der Eignung zur mechanischen Trennung im Abscheider als Klammer zwischen dem Prüfverfahren und der Bemessung eines Abscheiders in der Praxis.

Über diese ursprünglich in Auftrag gegebene Aufgabe hinaus ergab sich der Wunsch, zum besseren Verständnis der Zusammenhänge noch folgende Themen zu vertiefen:

- Literaturstudium über die Konstruktion von Abscheidern, insbesondere Schwerkraftabscheidern, auch wenn moderne Prüfverfahren oder Bemessungsangaben nicht zu finden sind. - Gezielte Untersuchung der Eignung von Verfahren zur Spurenanalyse von Leichtflüssigkeiten in Wasser.

2. Ergebnisse des Literaturstudiums

2.1 Beschreibung der Funktion

Ein Leichtflüssigkeitsabscheider nach
DIN 1999 (3) hat die Aufgabe, die mit dem
Abwasser eingeleiteten Leichtflüssigkeiten
durch Beruhigung in der Abscheidekammer
aufgrund der Dichteunterschiede der Flüssigkeiten, also rein nach den Gesetzen der
Schwerkraft zu trennen. Da Medien wie Benzin, Benzol, Kerosin, Dieselkraftstoff,
Heizöl und andere leichter sind als Wasser,
schwimmen sie bei einem beruhigten Durchfluß in der Abscheidekammer auf der Trägerflüssigkeit auf und scheiden sich somit vom
Wasser.

Dieser physikalische Vorgang wird in der Abscheidetechnik sehr stark beeinflußt durch die zulaufende Wassermenge, die erzeugten Turbulenzen, Konzentrationen, Verteilung, Dispersion, Lösungsfähigkeit der Leichtflüssigkeit in Wasser sowie durch konstruktive Daten wie Größe, Inhalt, Oberfläche und Ausbildung des Ein- und Auslaufteiles des Abscheiders. Ferner wird die Abscheidewirkung beeinflußt durch die Verschmutzung des Wassers, insbesondere durch Tenside (grenzflächenaktive Stoffe) oder emulsionsbildende Stoffe.

Über die Theorie der Abscheidetechnik möge aus der Vielzahl der angebotenen Literatur die Zusammenfassung von Rumpf (4) genannt werden, weil sie eine sehr konzentrierte und übersichtliche Beschreibung darstellt. In Einzelheiten. insbesondere konstruktiver Art gehen Kraft (5) und Weber (6). Über diese hinaus sind noch eine Reihe von Veröffentlichungen vorhanden, welche im einzelnen aufzuzählen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Hinsichtlich des Durchflusses durch die Becken können eine Reihe von Veröffentlichungen aus dem Bereich der Klärtechnik, wenn auch mit Vorbehalten, herangezogen werden, wie z.B. Weidner (7) und Camp (8). Auch Bogatyrev/Zajdlik (10) gehen auf die Funktion des Abscheiders ein.

Im Verlauf der Arbeiten hat man sich darauf geeinigt, in der laufenden Forschung hierüber keine Untersuchungen mehr anzustellen. Dabei war auch davon auszugehen, daß zumindest in DIN 1999 (3) schon der letzte Stand der Baugrundsätze von Abscheidern festgelegt ist. In jüngster Zeit kommt noch die Arbeit von Böhnke/Gegenmantel/Hoffmann (25) hinzu.

Stark zunehmende Tendenz haben jetzt Abscheider mit Filter, deren Aufgabe darin besteht, noch bessere Wirkungsgrade zu erzielen, als von Abscheidern nach DIN 1999 zu fordern wäre. Diese Abscheider sind sowohl als selbständige Einheiten wie auch als Nachschalteinrichtungen zu Abscheidern nach DIN 1999 lieferbar. Schließlich sind noch Ab-

scheider zu nennen, welche als Emulsionsspaltanlagen unter Zuführung von Fremdenergie arbeiten.

Alle von DIN 1999 abweichenden Konstruktionen von Abscheidern sollen jedoch in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht behandelt werden. Es darf lediglich darauf hingewiesen werden, daß die Ausarbeitung eines neuen Prüfverfahrens für Abscheider nach DIN 1999 auch für die Prüfung des Auslaufes solcher Abscheider mit Nachschaltung von Filtern Verwendung finden kann.

2.2 Konstruktive Angaben

Die Baugrundsätze der DIN 1999, Teil 1 sind als Ergebnis früherer Erfahrungen als bekannt vorauszusetzen. Diese sind, soweit die Abscheidewirkung davon berührt ist, auf rechteckige Oberflächen mit einem Breiten/Längenverhältnis von etwa 1: 2 abgestellt.

In den Größenangaben wurde lange Zeit unterschieden zwischen fertigungstechnisch in einem Stück hergestellten Abscheidern bis Nenngrösse 6, für welche eine praktische Prüfung immer schon vorgeschrieben war und den Großabscheidern, für die nach Abschnitt 4.6 im Grundsatz für eine Nenngröße nur bestimmte Inhalte, Oberflächen und Verhältnisse der Länge zur Breite des Abscheiders vorgeschrieben sind, ohne daß die Funktion praktisch geprüft werden muß.

Diese klassische Unterteilung ist früher deshalb erfolgt, weil Abscheider bis zur Nenngrösse 6 werkmäßig in einem Stück hergestellt, während die als "Großabscheider" bezeichneten Nenngrößen früher nur an Ort und Stelle betoniert oder gemauert werden konnten und dabei mit entsprechenden Ausrüstungsteilen versehen werden mußten. Im Zuge der Weiterentwicklung des Fertigteilbaues machten sich jedoch schon ab etwa 1970 starke Tendenzen bemerkbar, auch Großbenzinabscheider in Fertigteilen herzustellen und vormontiert auf die Baustelle zu liefern. Es war daher nur natürlich. zu versuchen. auch Großbenzinabscheider in möglichst kompakter Bauform herzustellen. Diese Tendenzen bekamen dadurch zusätzlichen Auftrieb. daß betonverarbeitende Firmen, welche Fertigungsanlagen für Großrohre besitzen, den Anwendungsbereich solcher Fertigungsanlagen auch für Benzinabscheider aus Großrohrteilen auszudehnen suchten. Diese Benzinabscheider entsprechen jedoch keinesfalls den geometrischen Anforderungen an Oberfläche, Breiten-/ Längenverhältnis usw. der DIN 1999, Teil 1, so daß die Brauchbarkeit in diesem Fall schon immer durch praktische Prüfung nachgewiesen werden mußte.

Einen starken Impuls bekam diese Tendenz ab 1972 noch durch das Ergebnis der Diplomar-beit von Weber (6), welcher den Nachweis erbrachte, daß die Funktion eines Abscheiders nicht ausschließlich von der rechteckigen Form eines Beckens abhängig ist sondern besonders von einer entsprechenden Ausgestaltung des Zulaufteiles beeinflußt werden kann. (Durch eine entsprechende Formgebung des Zu-

laufes, welche eine Ausbildung von Kurzschlußströmen verhindert und eine möglichst
gleichmäßige Verteilung des Zuflusses erreicht, ergaben sich Verbesserungen in den
Wirkungsgraden der Abscheider, so daß die
seinerzeit als hydraulisch nachteilig bezeichnete Form des Rundbeckens in Kauf genommen werden konnte).

Eine aufgrund der Erkenntnisse von Weber in Reihenuntersuchungen durchgeführte Optimierung der Einlaufbauteile hatte zur Folge, daß sich auch durch Modifikationen an den aus Rohrquerschnitten gefertigten Gehäusen nach und nach Erfahrungen ergaben, die es gestatteten, bei gleicher Nenngröße kleinere Gehäuse oder bei gleichem Gehäuse größere Nennbelastungen zuzulassen. Da dies nur bei Gehäusen aus Rohrquerschnitten möglich war, entstand die Vermutung, runde Bauformen wären, entgegen den bisherigen Annahmen nach Weidner (7) und Camp (8) günstiger als rechteckige. Dabei gilt diese Vermutung gleichermaßen für Gehäuse mit Rohrformen in Form stehender wie auch liegender Mantelflächen.

Schließlich wurde für diese Vermutung auch der Nachweis der Richtigkeit mit Hilfe der an der TU München entwickelten "goldenen Kugel" strömungstechnisch erbracht. Erklären läßt sich diese Abkehr von der bisherigen, aus den Erkenntnissen der Klärtechnik abgeleiteten Theorie aus dem völlig anderen Dichteverhältnis zwischen Leichtflüssigkeit und Trägerflüssigkeit von 5 - 22 % gegenüber 1 % bei Kläranlagen (25).

Schon nach dem Stand der Technik anfangs der siebziger Jahre zeichnete sich die Möglichkeit ab, nunmehr auch wahlweise entweder die Einhaltung der baulichen Grundsätze
nach Teil 1 der DIN 1999 zu verlangen oder
im Fall der Abweichung, insbesondere bei Abweichung von der festgelegten Rechteckform
durch praktische Prüfungen den Wirkungsgrad
des Abscheiders im zulässigen Rahmen nachzuweisen. Diese Umstände machten eine Überarbeitung der DIN 1999 notwendig, welche in
den Teilen 1 und 2 in der Fassung August 1976
und im Teil 3 in der Fassung September 1978
neu veröffentlicht wurde.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die Konstruktionen in Weiterentwicklung seit langer Zeit bestehender Grunderkenntnisse über die Bauweise heute mehr und mehr auf runde Gehäuseformen übergehen und wesentlich von der Funktion auf dem Prüfstand abhängen. Dabei wird nicht mehr so wie früher die Form des Beckens und die Aufenthaltsdauer im Abscheider als wesentliche Einflußgröße angesehen, sondern in stärkerem Maße die Ausbildung des Einlaufteiles. Dies führt dazu, die Neukonstruktion eines Abscheiders im wesentlichen als Optimierungsaufgabe unter Zugrundelegung der in der Fertigung möglichen Gehäuseformen zu betrachten und nicht mehr wie früher vom Zeichenbrett des Konstrukteurs aus zu entscheiden. Damit ist diese gegenüber der bisherigen Verfahrensweise weitgehend auf das Prüffeld zu verlagern und im Effekt in eine Vielzahl von mehr oder weniger kostenintensiven Einzelprüfungen aufzuteilen. Aus diesem Grund scheint es besonders gerechtfertigt, Untersuchungen über eine wirtschaftliche Prüfmethode nicht nur im Hinblick auf die Zulassungsprüfungen anzustellen.

2.3 Bisheriges Prüfverfahren

Bisher war davon auszugehen, daß die praktische Prüfung eines Abscheiders unter bestimmten, genau definierten Prüfstandsbedingungen nur dazu dienen konnte, verschiedene Größen eines Abscheiders und verschiedene Fabrikate untereinander zu vergleichen. Dabei konnte keine erschöpfende Aussage darüber gemacht werden, wie sich der Abscheider in praxi verhalten würde.

Als Prüfflüssigkeit wurde in DIN 1999, Blatt 3, Ausgabe 1956 X ein Benzin-Benzol-Gemisch vorgeschrieben, welches aus 2 Gründen nicht unproblematisch war:

- Zum einen ist die Explosionsgefahr sowohl im Prüffeld als auch in nachgeschalteten Kanälen nicht unbeträchtlich;
- zum anderen ist gerade Benzin und Benzol sehr stark in Wasser löslich. Meinck (14) gibt für Benzin eine Sättigungskonzentration von 50 -500 g/m³ und Benzol etwa 1700 g/m³ an.

Es war also schon aus prüftechnischen Gründen unumgänglich, bei der Überarbeitung der Norm, insbesondere unter Berücksichtigung der Prüfanforderungen für Großbenzinabscheider von den bisher gebräuchlichen Prüfflüssigkeiten abzugehen, abgesehen davon, daß die hohe Sättigungskonzentration das Ergebnis sehr stark hätte verfälschen können. Wenn diese Ausführungen auch grundsätzlich schon zur Zeit der alten Norm Gültigkeit gehabt haben, so waren doch damals die Anforderungen von der Größe des Abscheiders und von der Wassergefährdung her nicht so hoch geschraubt, wie es bei den heutigen Großabscheidern der Fall ist. Bei großen Abscheidern kommt noch erschwerend hinzu, daß die Verluste infolge Verdunstung der Leichtflüssigkeit das Ergebnis zusätzlich verfälschen.

Auch von der Größe des Abscheiders her zu betrachten ist die Kostenseite der Prüfungen. Insbesondere bei einem Großabscheider erfordert die Durchführung der drei Versuche für eine hydraulische Prüfung einen Aufwand bis zu etwa 2 Tagen für 3 Mann, da jedesmal nach Abstellung des Versuches die im Abscheider zurückgehaltenen Ölmengen zurückgewonnen und nachgewogen werden müssen. Es dauert also sehr lange, bis aus einem Versuchsergebnis weitere Schlüsse gezogen werden können.

2.4 Analysenverfahren

In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von Analysenmethoden entwickelt worden, welche einen Nachweis von Leichtflüssigkeiten im Abwasser gestatten. Da es zu weit führen würde, alle diese Verfahren hier aufzuführen, sei auf die einschlägige Literatur, insbesondere auf vorbereitende Arbeiten von Ladendorf, Märki und Fischer, auf die Vorschriften des American

Petroleum Institute und die deutschen Einheitsverfahren (17) verwiesen.

Eine erste Schwierigkeit besteht bei jeder Untersuchung darin, daß zumeist vor der eigentlichen Bestimmung eine Anreicherung bzw. Isolation des Anteiles an Leichtflüssigkeiten erforderlich ist.

Von den verschiedenen erprobten Möglichkeiten (Extraktion, Destillation, Absorbtion, Fällung) hat sich allein als universell verwendbar die Extraktion erwiesen. Extrahiert wird vorzugsweise mit Petroleumbenzin oder Tetrachlorkohlenstoff.

Allen diesen Verfahren haftet jedoch an, daß sie bei aller Exaktheit und Genauigkeit einen erheblichen apparativen Aufwand erfordern, so daß die einzelne, verhältnismäßig leicht gewonnene Probe nur in einem Labor mit speziell hierfür vertrautem Personal bzw. mit aufwendigen, nur stationär verwendbaren Apparaturen analysiert werden kann. Diese Schwierigkeiten waren bisher der Anlaß dafür, eine Umstellung der Prüfmethoden auf eine Messung des Anteiles im Auslauf als nicht gerechtfertigt und kostengünstig zu betrachten.

Seit einiger Zeit besteht diese Schwierigkeit nicht mehr, da ein nach einer Modifikation der IR-Analytik arbeitendes Gerät eines japanischen Herstellers vorhanden ist. Es handelt sich um die von Hellmann (21) umfassend beschriebene, nicht-dispersive IR-Analytik mit dem Gerät OCMA-200 der Horiba GmbH (28), dessen Brauch-

barkeit nach über 2 Jahre dauernden Untersuchungen nachgewiesen wurde. Dieses Gerät gibt den Gehalt von Leichtflüssigkeit in Wasser auf einer Anzeigeskala auf direktem Wege in der für Spurenanalysen international gebräuchlichen Dimension ppm = parts per million = millionstel Teile an. Die Umrechnung in die bisher übliche Dimension mg/l erfolgt durch Multiplikation mit der Dichte der untersuchten Leichtflüssigkeit.

In Gesprächen wurde in Erfahrung gebracht, daß die deutschen Einheitsverfahren (17) und die nicht-dispersive IR-Analytik in eine DIN-Norm übergeführt werden sollen. Somit können die Verfahren als Regel der Technik angesehen werden.

2.5 Ölgehalt im Zulauf

DIN 1999, Teil 3 legt bisher für die Prüfung der Abscheidewirkung eine gleichbleibende Zugabe von 0,5 % des Wasserzulaufes = 5000 ppm an Leichtflüssigkeit fest.

Über den tatsächlichen Anfall sind lediglich bei Bogatyrev/Zajdlik (10) Angaben zu finden. Demnach fallen in Großgaragen und Service-einrichtungen bei kontinuierlicher Wäsche von Bussen und LKW durchschnittlich 2,1 bis 2,7 l/s und Spitzenwerte bis 10 l/s an mit durchschnittlichen Ölkonzentrationen zwischen 1600 und 1900 mg/l (= 1360 - 1615 ppm) an. Bei der Pkw-Wäsche in einer California-Combi-Waschanlage beträgt der durchschnittliche Anfall 0,45 l/s und der Höchstwert 1,2 l/s mit einer Ölkonzentration zwischen 31 und 249 mg/l (= 26 - 211 ppm).

Die Ungleichförmigkeit wird mit Werten zwischen 3 und 6 angegeben. Bei einer Wäsche von täglich 100 Fässern in Lagerbetrieben fallen etwa 0,15 l/s mit einem durchschnittlichen Gehalt von 25700 mg/l (= 21800 ppm) an.

2.6 <u>Beurteilung des Verhaltens von Leichtflüssig-</u> keit in Wasser

Die nach Unterbrechung der Arbeiten im Jahre 1979 gezielt wieder aufgenommene Literaturdurchsicht hat ergeben, daß Fragen der Beurteilung der Abscheidefreundlichkeit unabhängig von diesem Auftrag zwischenzeitlich auch an anderer Stelle untersucht worden sind und auch dort zu Ergebnissen geführt haben, die mit den hier erzielten verglichen werden können.

Das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung hat eine Methode erarbeitet (22), die auch wie die eigenen Untersuchungen davon ausgeht, das Abscheideverhalten von Öl/Wasser-Gemischen außerhalb des Abscheiders abzuschätzen.

Nach dieser Methode haben Dr. Dittrich/Klein (23) in einer Studie über den Einsatz von Kaltreinigern in der Binnenschiffahrt insgesamt 38 Kaltreiniger auf ihr Abscheideverhalten untersucht und kommen zu dem Ergebnis, daß nur einige Kaltreiniger frei von Emulsionsbildnern und damit abscheidefreundlich sind. Diese Ergebnisse lassen sich direkt mit der vorliegenden Arbeit vergleichen und bekräftigen das Ergebnis noch zusätzlich. In den einzelnen Abschnitten wird deshalb, wo erforderlich, näher darauf eingegangen. Diese Arbeiten

zeigen auch in ihren Ergebnissen, daß die Umstellung der Prüfmethode auf eine Messung der Auslaufqualität von Abscheidern einem Bedürfnis zu entsprechen scheint.

3. Ergebnisse der Vorversuche

3.1 Vorbemerkungen

In den Vorversuchen waren Vergleiche anzustellen zwischen verschiedenen Analysenverfahren,
wobei sich dann die nicht-dispersive IR-Analytik als die zweckmäßigste herausgestellt hat.
Ferner war zu untersuchen, was für Maßnahmen
zu treffen sind, um die Meßwerte übertragbar
zu machen. Auch sollte geklärt werden, ob der
Anteil von Leichtflüssigkeiten im Auslauf als
Lösung oder als Dispersion anzusehen ist.

Die Untersuchungen wurden alle mit Gasöl (dies ist die Zollbezeichnung für Heizöl und Dieselkraftstoff) der Dichte 0,842 t/m³ bei einer Temperatur von 18 °C und bei Wassertemperaturen von 12 °C durchgeführt. Dabei konnten die angegebenen Temperaturen mit hoher Gleichmäßigkeit auch über längere Zeit beibehalten werden, weil die Versuche in gleichmäßig temperierten Räumen durchgeführt wurden. Dadurch bedingt können Veränderungen oder Fehler, die auf wechselnde Temperaturen zurückzuführen wären, weitgehend als eliminiert angesehen werden.

Da auch das während der Versuche verwendete Gasöl aus einer einheitlichen Lieferung stammte und alle Versuchsreihen an ein- und demselben Abscheider gefahren wurden, sind auf diese Weise weitere mögliche Fehlerquellen eliminiert worden. Der nach DIN 1999, Teil 3 vorgeschriebene Prüfstand eignete sich gut für die Beschik-kung des Abscheiders mit Wasser und Gasöl, so daß diese Prüfeinrichtung für alle Untersuchungen beibehalten werden konnte.

3.2 Übertragbarkeit der Meßwerte

Für das weitere Vorgehen ist es erforderlich zu wissen, inwieweit ein Abscheider bei gleichmäßiger Beschickung mit Wasser und Leichtflüssigkeit, also bei einem bestimmten Betriebszustand auch gleichmäßige Auslaufkennwerte hat und inwieweit diese bei Probenahme und Analyse aus einem verhältnismäßig kleinen Probenvolumen als repräsentativ für das Verhalten des Abscheiders in diesem Betriebszustand zu bezeichnen sind. Es zeigen sich nämlich von der Verweildauer des Wassers abhängige Erscheinungen, welche bei halber Nennlast oder bei großem Abscheiderinhalt deutlicher, bei voller Nennlast oder Überlastung bzw. bei kleinem Abscheiderinhalt aber nicht mehr erkennbar sind: Der Abscheiderinhalt unterliegt im Betrieb langsamsten Schwankungen, welche sich bei genauer Beobachtung in einem "Atmen" des Wasserspiegels zeigen und den Ölgehalt des Auslaufes mit beeinflussen können.

Zwischenzeitlich konnte aus Diskussionen der Schluß gezogen werden, daß es sich hier wohl um die Erscheinung der sog. "Totwalzen" (Prof. Dr. Nemececk, Graz) handeln muß, welche verstärkt bei ungünstigen Gehäuseformen und bei Gehäusegrößen auftreten, die eine große Verweildauer des Wassers aufweisen.

Wir haben diesem Einfluß dadurch Rechnung getragen, daß wir immer mehrere Proben gezogen haben und immer dann, wenn eine Probe geringeren Ölgehalt aufwies, mindestens eine Probe mit höherem Ölgehalt durch Gegenprobe mit einer dritten bestätigt gefunden. Im Vergleich aller Messungen zeigte sich immer wieder. daß dieses Verfahren repräsentativ sein muß, da ein bestimmter Ölgehalt immer durch mindestens zwei Proben bestätigt wurde und alle Punkte graphisch aufgetragen auf einer Linie lagen. Wenn in Einzelfällen Proben mit niedrigerem Ölgehalt aufgetreten sind, wurden diese unberücksichtigt gelassen, weil die Abweichung nur im Bereich von - 5 ppm, selten - 10 ppm auftrat.

Um einen Überblick über die Größenordnung der Abweichung zu geben: Es handelt sich bei einem Absolutwert von 50 - 100 ppm (= millionstel Teile) um eine Abweichung von etwa 10 % dieser Werte nach unten. Bedingt durch das ausgesprochen günstige Abscheideverhalten des Gasöls lassen sich Schwankungen der Analysenwerte außer mit den oben angegebenen, von Inhalt und Belastung abhängigen Größen noch weiter beeinflussen durch den Ort der Probenahme: Wird die Probe aus dem Sohlbereich des abgehenden Rohres durch ein lotrecht nach unten weisendes Röhrchen abgezogen, so ist unter Umständen ein geringerer Ölgehalt nachweisbar, weil auf der Wasseroberfläche angesammeltes, bereits entmischtes Öl nicht mit berücksichtigt wird.

Wird die Probe mit einem weithalsigen Gefäß aus dem direkten Strahl eines lotrechten Auslaufrohres wie in <u>Bild 3</u>, Pos. 2 entnommen, so ergibt sich eine Durchschnittsprobe. Nach einer Reihe von Versuchen hat sich diese Art der Probenahme als die brauchbarste erwiesen.

Schließlich ließe sich der Effekt des "Atmens" ganz eliminieren, wenn man Proben aus einem etwa 100 - 200 l großen, nachgeschalteten Auffangbecken nimmt (Bild 3, Pos. 3).

Diese Proben leiden aber schon wieder unter mehr oder minder starken Entmischungseffekten und haben sich bei Gasöl in Wasser weniger bewährt.

Beispielhaft für die auf die geschilderte Art untersuchten Abscheider mögen die in den <u>Bildern 1</u> <u>und 2</u> dargestellten Anlaufkurven gelten. In diesen Bildern zeigt sich deutlich ein verhältnismäßig langsames Anlaufen bis zu einem Kulminationspunkt, von dem an der Ölgehalt im Auslauf so lange konstant bleibt, als die Ölzugabe im Zulauf andauert. Der höchste Ölgehalt bleibt dann – auch bei einer Überlastung des Abscheiders – über die restliche Versuchsdauer konstant. Es zeigt sich sogar an den Darstellungen in Bild 1, daß selbst eine Entnahme 1 Minute vor dem Kulminationsbereich nur ganz geringfügige Differenzen in der Größenordnung von etwa ± 1 ppm aufweist.

Bild 1 zeigt ferner, daß eine Überlastung des Abscheiders mit gleichbleibenden Wassermengen ein früheres Anlaufen der Kurve und eine Erhöhung des Ölanteiles im Auslauf bringt.

Der Zeitpunkt, von dem ab der höchste Ölanteil

eines Betriebspunktes erreicht ist, hängt von der Abscheidergröße und der Zuflußleistung ab. Rechnet man die in den Bildern graphisch erhaltenen Anlaufzeiten mit der Zuflußleistung um. so ist eine mindestens viermalige Umwälzung des Gesamtinhaltes erforderlich, bis aus dem Auslauf des Abscheiders repräsentative Ölmengen nachgewiesen werden können. Deshalb wäre für die Prüfgrundsätze vorzuschlagen, daß die Versuchsdauer und die Dauer der Ölzugabe für die Prüfung eines Abscheiders auf viermalige Umwälzung des Abscheiderinhaltes auszulegen ist und ins Praktische übersetzt, für kleinere Abscheider mindestens 5 Minuten Versuchsdauer, für größere Abscheider höchstens 15 Minuten Versuchsdauer festzulegen wären. Zwischenwerte können aus der Forderung der viermaligen Umwälzung des Abscheiderinhaltes interpoliert werden. Als Nebenprodukt der Untersuchungen wäre auch noch die Erkenntnis zu bezeichnen, daß der Pufferungseffekt, also die lange Anlaufzeit bis zum Kulminationspunkt auch die Vermutung bestätigt, wonach eine kurzzeitig höhere Ölzugabe sich fast gar nicht, zumindest nicht in einer plötzlichen Veränderung der Auslaufqualität ausdrückt.

Weiterhin zeigt die unterschiedliche Anlaufdauer bei unterschiedlichen Abscheidergrößen, daß der Gesamtinhalt eines Abscheiders einen wesentlichen Einfluß auf den Zeitpunkt des Auftretens und auf die Gesamtmenge an Öl im Auslauf hat, daß also die Forderung nach mindestens viermaliger Umwälzung des Abscheiderinhaltes auch Fehler eliminiert, die sich nur auf unterschiedliche Inhalte bei gleicher Nenngröße zurückführen lassen.

3.3 Wasserlöslichkeit von Gasöl

Aufgrund der Beratungen anläßlich der Überarbeitung der DIN 1999, Teil 3 ist bekannt. daß Gasöl (Heizöl. Dieselkraftstoff) in Wasser praktisch unlöslich ist. Diese Tatsache bildete neben der Ungefährlichkeit von Heizöl den Anlaß dafür, anstelle des in der alten Fassung der Norm vorgeschriebenen Benzin- Benzolgemisches nunmehr auf Gasöl überzugehen. Trotzdem wurde die Löslichkeit des Gasöls erneut und eingehend untersucht, schon um eine Methode zu finden, die einen Vergleich mit später zu untersuchenden Leichtflüssigkeiten gestattet. In ersten Versuchsreihen anläßlich der Vorversuche wurde bereits an Proben aus dem Abscheiderinhalt (Bild 3 Pos. 1) festgestellt, daß Gasöl praktisch unlöslich im Wasser ist, wenn der Leichtflüssigkeit genügend Zeit gegeben wird, nach oben aufzuschwimmen. Anläßlich der weitergehenden Prüfungen an Abscheidern der Größe 3 bis 20 wurden Proben, wie für die weiteren Abscheideversuche auch aus dem Auslauf (Bild 3 Pos. 2) entnommen, indem ein weithalsiges Entnahmegefäß direkt in den lotrechten Auslauf gebracht wurde. Für die Prüfung der Löslichkeit wurde das Aufschwimmen des Öles abgewartet und in zeitlich abgestufter Reihenfolge aus dem darunter stehenden Wasser über in Bodennähe eingebaute Entnahmehähnchen Wasser abgezogen und auf seinen Ölgehalt hin untersucht.

Schließlich wurden Proben direkt aus dem Auffangbecken (Bild 3, Pos. 3) nach Ende des Abscheideversuches entnommen, wobei darauf geachtet wurde, das bereits aufgeschwommene Öl nicht mit in die Probenahme einzubeziehen. Das Ergebnis einer Vielzahl von Analysen ist graphisch in <u>Bild 4</u> zusammengestellt, wobei darauf hinzuweisen ist, daß die strichlierte Darstellung nicht das Ergebnis exakter Messungen mehr darstellt. Es ist für die späteren Betrachtungen uninteressant.

Trotz der verschiedenen Arten der Vorbehandlung je nach Entnahmeort und der dabei entstehenden mehr oder minder intensiven erneuten Vermischung zeigt sich ganz deutlich, daß der Ölgehalt der ruhiggestellten Proben sehr schnell zurückgeht. Je nach dem Ölgehalt einer ursprünglichen Probe in der Größenordnung von etwa 20 bis 200 ppm ergibt sich ein mehr oder minder schnelles Aufschwimmen sofort nach Ruhigstellen der Probe, also eine Entmischung. Binnen 5 Minuten gehen die anfangs hohen Ölgehalte auf Werte zwischen 10 - 12 ppm zurück, binnen weiterer 5 Minuten auf Werte von etwa 5 ppm und nach dieser Zeit ist kein nennenswerter Ölgehalt mehr feststellbar, fast unabhängig davon, an welchem Ort und nach welcher vorher eingetretenen Turbulenz das Abwasser für die Probe entnommen wurde.

Zum späteren Vergleich mit anderen Leichtflüssigkeiten mit merklichem Anteil an wasserlöslichen
Stoffen werden Aufschwimmzeiten bis zu 10 Minuten
Dauer angenommen. In dieser Zeit geht der Ölgehalt im Abwasser nach Verlassen des Abscheiders
bereits auf einen Wert von etwa 5 ppm zurück, so
daß er im Verhältnis zum ursprünglichen Ölgehalt
als unbedeutend vernachlässigt werden kann.

Nur am Rande sei vermerkt, daß Menk (18) für Dieselkraftstoff und Heizöl die Frage der Löslichkeit mit der Angabe einer "Sättigungskonzentration" von 10 - 50 g/m³ (= 12 - 60 ppm) beantwortet, wobei nicht näher ausgeführt wird, wie diese Werte zustande gekommen sind. Vermutlich handelt es sich bei der Sättigungskonzentration um die Ölgehalte, die bei einem kurzfristigen Ruhigstellen der Probe noch im Abwasser vorhanden sind, also im Bereich von 0 - 1 Minute. In diesem Fall würden sich die Angaben mit der strichlierten Darstellung in Bild 4 decken. Dittrich/Klein (23) geben 17 - 23 mg/l (= 20 - 27 ppm) als Sättigungskonzentration an.

4. Messung der Abscheidewirkung

Die nachfolgenden Meßwerte stellen das Resultat von ins einzelne gehenden Messungen an einem Abscheider der Größe 3 dar, wobei die sich ergebenden Tendenzen an anderen Abscheidern stichprobenhaft mit überprüft wurden.

Gleichzeitig wurden die dabei erreichten Ölgehalte im Auslauf mit Meßwerten verglichen, welche bei einer Herstellerfirma erarbeitet wurden.

4.1 Wirkungsgrad

Das bisher übliche Prüfverfahren, die sogenannte "Rückschöpfmethode" klassifiziert einen Abscheider einer bestimmten Nenngröße dadurch, daß ein bestimmter Wirkungsgrad gefordert wird. Dieser beträgt mindestens 97 % (3). Der geforderte Wirkungsgrad setzt sich aus dem Prozent-

satz der bei einem Versuch im Abscheider zurückgehaltenen Menge zur gesamten eingeleiteten Ölmenge zusammen.

Werden diese Gedanken in die Messungen des Ölgehaltes im Auslauf übertragen, so müssen sich die nach <u>Tabelle 1</u> aufgelisteten Werte ergeben. Wird ein Grenzwert von ca. 20 mg/l = 23 ppm für die Einleitung in Gewässer berücksichtigt, so wird die Unbrauchbarkeit der bisherigen Betrachtungsweise in Wirkungsgraden deutlich erkennbar: Bisher waren Abscheider zugelassen mit Wirkungsgraden von mehr als 97 %. Dies würde bei der obigen Betrachtungsweise erheblich höhere als zulässige Ölwerte im Auslauf ergeben.

Andererseits ist jedoch auch festzustellen, daß die bisherige Betrachtungsweise in Wirkungsgraden nicht mit der oben genannten direkt vergleichbar ist, weil sich bisher durch Ölverluste infolge Verdunstung, Anhaftung an Wänden und Gefäßen usw. erheblich geringere Wirkungsgrade für den Versuchsaufbau gegenüber den Wirkungsgraden der Auslaufqualität ergeben mußten.

Die Aufstellung zeigt außerdem, daß auch noch bei verhältnismäßig hohen, nicht mehr tragbaren Ölgehalten im Auslauf Wirkungsgrade zustandekommen, welche nahe an 100 % heranreichen und eine Beurteilung eines Abscheiders deshalb nach dieser Richtung hin unmöglich machen. Vergleicht man beispielsweise die tatsächlich erzielten Ölgehalte und die daraus errechneten Wirkungsgrade der Versuchsreihen,

so ergeben sich die nachstehend in der <u>Tabelle 2</u>, rechte Spalte angegebenen Werte.

Die Messungen anläßlich der Zulassungsprüfungen mit verschiedenen Belastungen zeigen, daß sich der Absolutwert des über den Auslauf verloren gehenden Öles nicht immer proportional zum Wasserdurchfluß verhält, andernfalls hätte immer derselbe Wirkungsgrad erzielt werden müssen, nicht aber ein anderer.

Da sich solche Erscheinungen besonders bei runden Gehäuseformen zeigen und jetzt auch beweisen lassen, dürften wohl damit auch Behauptungen nicht mehr zu halten sein, wonach runde Formen hydraulisch weniger günstig seien. Hier zeigt es sich ganz deutlich, daß nicht nur die im Unterschied zu Klärbecken nach oben aufschwimmenden Stoffe, sondern auch das erheblich größere Dichteverhältnis zwischen Leichtflüssigkeit und Trägerflüssigkeit eine Wirkung haben. Dieses liegt bei Abscheidern zwischen 5 und 22 % gegenüber 1 % bei Kläranlagen (25). Würde ein Abscheider weiterhin unzutreffend nach dem bei der Rückschöpfmethode angewandten Wirkungsgrad beurteilt werden, so ließe sich eine "Optimierung" auch so erreichen, daß einfach solange nach einem geeigneten Nennzufluß gesucht wird, bis der gewünschte Wirkungsgrad erreicht wird. Bei Zuflüssen unterhalb des Nennzuflusses, also bei Teillastbetrieb kann dann sogar der Fall eintreten, daß der Wirkungsgrad nach der Rückschöpfmethode besser wird, weil das im Wasserinhalt des Abscheidergehäuses noch befindliche Öl mit aufschwimmt und somit als zurückgewonnen behandelt wird. In

Wirklichkeit kann im Abscheiderauslauf durch ausgeprägte Totwalzen ein höherer Ölanteil vorhanden sein, der nur durch eine Messung der Auslaufqualität nachweisbar ist und gerade dann seinen Kulminationswert erreicht hat (Bilder 5, 6, 7). Auch dies wäre ein Argument für eine Umstellung der Prüfmethode.

Die Art der Betrachtung über den Wirkungsgrad bringt also nicht den Effekt, mit dem
man einen Abscheider richtig beurteilen könnte. Im übrigen können aus so einer Darstellung kaum mehr Meßfehler ersehen werden. Eine
gerechte Beurteilung ist somit nur über die
Absolutwerte der Auslaufqualität in Abhängigkeit von der Ölzugabe und der Zuflußleistung
des Wassers möglich.

4.2 Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse

In der Annahme, daß ein Abscheider bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen müsse, wurden Meßreihen durchgeführt, in denen jeweils der Ölgehalt im Auslauf unter den vorher genannten Voraussetzungen für verschiedene Wasserzuflüsse und verschiedene Ölzugaben gemessen wurde. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 2 niedergeschrieben und in Bild 6 bzw. Bild 7 graphisch dargestellt.

Wie sich schon bei den Vorversuchen herausgestellt hat, wäre eine Messung des Verhaltens eines Abscheiders nur bei einem Ölgehalt von 0,5 % der Zuflußwassermenge sehr wenig aussagekräftig. Dies würde bei der Darstellung nach Bild 6 bedeuten, daß selbst eine starke Überlastung mit 143 % des Nennzuflusses nur Ölgehalte im Auslauf von knapp über 100 ppm ergeben würde. Bei Nennzuflüssen und darunter würden nur unbeträchtliche Ölgehalte anfallen. Es wurde deshalb, wie auch sonst in der Prüftechnik üblich, der Versuch unternommen, die Grenzen des Abscheiders dadurch kennenzulernen, daß man ihn bis zur Überlastung mit Wasser und Öl in verschiedenen Versuchsreihen beaufschlagte. Nur auf diese Art und Weise war es möglich, sich ein Bild über das physikalische Verhalten zu machen. Dabei ergab sich folgendes:

- Das Abscheideverhalten eines Abscheiders verläuft bis Ölzugaben im Zufluß über 1 % hinaus linear. Der Anstieg des Ölgehaltes im Auslauf ist proportional dem Anstieg des Ölgehaltes im Zulauf. Die Kurven, die sich in diesem Fall als Gerade darstellen lassen, werden umso steiler, je höher die Zuflußwassermenge eingestellt ist.
- Diese Linearität gilt nur bis zu Ölzugaben von etwa 1 1,5 % im Zufluß. Darüber hinaus nimmt der Ölgehalt im Auslauf nicht mehr proportional zu, sondern geht asymptotisch auf eine bestimmte Konzentration zu, welche auch bei weiterer Steigerung des Ölanteiles im Zufluß nicht mehr überschritten wird.
- Diese Zunahme bis zu einem Grenzwert ist ausgeprägt sichtbar bis zu Zuflußwassermengen, welche der Nennbelastung entsprechen. Darüber

hinaus ist eine weitere proportionale Zunahme infolge größerer Turbulenz auch noch in Bereichen gegeben, in denen der Ölanteil im Zufluß über 1.5 % liegt.

Dieses in den unteren Bereichen lineare Verhalten eines Abscheiders zeigt sich ganz besonders deutlich dann, wenn die Ölzugaben im Zufluß in Prozenten der Zuflußwassermenge angegeben sind, wie in der Darstellung nach Bild 6. Diese Darstellung hat auch den Vorteil, daß sie auf alle Abscheidergrößen in gleicher Weise anwendbar ist und keine Maßstabsverschiebungen mehr erfordert.

- Legt man die Wasserzugabe, die man bisher als Nennbelastung verstanden hat, auch für diese Art der Untersuchung zugrunde, dann zeigt sich deutlich, wo die Grenze dieses Abscheiders liegt: Bei einer Belastung von 100 % ist der Verlauf der Abscheidekurve in Bereichen oberhalb 1,5 % nicht mehr linear, er steigt aber nicht über einen Wert von 170 ppm bei 3,3 % Ölzugabe an.
- In Bereichen von etwa 0,3 1,0 % Ölzugabe sind alle Kurven linear, mit steigender Wasserzugabe immer steiler ansteigend.
- Die Abstände zwischen den einzelnen Kurven sind durch den Parameter des Wasserzuflusses vorgegeben und müssen mathematischen Beziehungen unterliegen. Es muß also möglich sein, Zwischenwerte zu interpolieren und damit das Verhalten des Abscheiders

rechnerisch auch für andere Parameter Q aus den gemessenen Kurven nachweisbar sein.

- Da eine Gerade eindeutig durch die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten definiert ist, müßte sich auch feststellen lassen, ob eine Kurve richtig liegt, wenn sie durch drei Meßpunkte in den Bereichen von etwa 0,2 - 1,5 % festgelegt, eine Gerade ergibt.

Die in Bild 6 gewählte Darstellung zeigt deutlich die Grenzen eines Abscheiders in der neuen Betrachtungsweise. Ob die Größe 3 nach der alten Betrachtungsweise dabei zufällig auch hier einen Abscheider der Größe 3 ergibt oder nicht, kann zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht festgestellt werden. Jedenfalls zeigt diese bildliche Darstellung deutlich, daß die bisher geübte Methode, einen Abscheider bei 0,5 % Öl im Zufluß zu prüfen, die Schwächen des Abscheiders nicht zu erkennen gibt. In diesem Fall könnte der Abscheider sogar als Größe 4 gelten. Die Grenzen eines Abscheiders werden nur dann erkennbar, wenn die Prüfung auch mit höherem Ölanteil erfolgt. Zugleich hat dies den Vorteil, daß eine Messung bei höherem Ölanteil, wie sich bisher herausgestellt hat, mit weniger Fehlern behaftet ist. Zudem liegen die Kurven bei etwa 1 % Ölzugabe schon deutlich weiter auseinander.

Es müßte sich daher ermöglichen lassen, einen Abscheider dadurch zu charakterisieren, daß man im Bereich von etwa 0,3 - 1,2 % Ölzugabe im Zufluß bei Nennbelastung den linearen Verlauf und die Lage der Hauptkurve feststellt,

die strahlenförmig dazu angeordneten Kurven für eine höhere als die Nennbelastung und für eine tiefere, beispielsweise 50 % feststellt und somit durch drei Linien mit insgesamt 5 Messungen einen Abscheider charakterisieren kann.

Die restlichen Angaben und Zwischengeraden können dann durch Interpolation gewonnen werden.

Auf diese Weise läßt sich durch Aufstellung von Kurvenscharen das Verhalten eines Abscheiders hinreichend charakterisieren. Ein solcher Beurteilungsmaßstab ist nicht nur besser als der alte, der ja nur einen Betriebspunkt beurteilt hat. Wesentlich dürfte daran sein, daß er wirtschaftlicher ist:

Die bisherige Prüfung eines Abscheiders verlangt – je nach Größe des Abscheiders – einen Personal-aufwand von 3 Mann für 2 – 3 Tage.

Die jetzige Beurteilung verlangt im Höchstfall 5 Betriebspunkte, welche nach den bisherigen Erfahrungen, falls genügend Wasservorrat zur Verfügung steht, mit 2 - 3 Mann in 1/2 bis 1 Tag gemessen werden können.

Zwischenwerte und Zwischenkurven können dann beliebig viele in kurzer Zeit am Schreibtisch interpoliert werden.

Hinzu kommt noch, daß dem Verfahren höchste Genauigkeit anhaftet. Dies wird umso deutlicher, wenn berücksichtigt wird, daß die in Bild 6 dargestellte Abscheidewirkung mit einem hundertfach überhöhten Maßstab aufgezeichnet ist, von der ursprünglich eingeleiteten Flüssigkeitsmenge überhaupt nur 0,5 - 1 % in Betracht zu ziehen ist und von dieser eingeleiteten Ölmenge wiederum nur etwa 0,5 - 1 % letztendlich als über dem Auslauf verlorengehend nachgewiesen werden.

4.3 Rechnerischer Nachweis

Die Linearität des Abscheideverhaltens ist zumindest in den technisch relevanten Bereichen von etwa 0.3 - 1.3 % Ölzugabe auch noch in der stark überhöhten Darstellung des Bildes 6 deutlich erkennbar. In der Annahme, daß ein Abscheider Naturgesetzen folgt, müßte sich daher sein Verhalten aufgrund einiger charakteristischer, auf dem Prüfstand durch Anfahren des Betriebspunktes zu erhaltender Punkte auf den Kurvenscharen auch rechnerisch nachweisen und nachkontrollieren lassen. Hinzu kommt. daß durch eine Fehlerberechnung auch die Abweichungen mit erfaßt und eingegrenzt werden können, so daß schlußendlich aus wenigen charakteristischen Punkten durch Interpolation beliebig viele Kurvenscharen zu erhalten sein müssen. Zur Bestätigung dieser Hypothese wurden die erhaltenen Meßpunkte und die durch "Atmen" möglichen Fehlerbereiche in eine Rechenanlage eingegeben und analytisch überprüft. Dabei zeigte sich folgendes interessante Ergebnis:

Die empirisch ermittelten Meßwerte lassen sich auch mathematisch als Funktionen der Ölzugabe (x) und der Zuflußleistung (Q) darstellen:

$$y = f(x, Q)$$
 (1)

Die graphische Darstellung ist in Bild 7 erfolgt. Daraus ist ersichtlich, daß für konstante Zuflüsse Q jeweils eine parabelförmige Kurve gilt, welche sich mit den anderen im Koordinatennullpunkt schneidet und mit zunehmender Ölzugabe immer mehr abflacht. Für zunehmende Zuflüsse Q zeigt sich eine steilere Neigung der Kurven.

Betrachtet man die Kurven in den Bereichen von etwa $x_1=0.3$ % bis $x_2=1.3$ % Ölzugabe in Prozent der Zuflußwassermenge, so ergibt sich näherungsweise der gemessene geradlinige Verlauf. Streng mathematisch werden die Neigungen dieser Geraden durch Differenzieren der Hauptkurve dargestellt:

$$F'_{x} = \frac{\partial f(x, Q)}{\partial x}$$
 (2)

Näherungsweise wird diese Kurve ersetzt durch die Gleichung:

$$y = ax + b, (3)$$

wobei y der Ölgehalt des Auslaufes in ppm, x der Ölgehalt im Zulauf in Prozent der Zuflußwassermenge, a und b Konstanten sind,

die mit Bestimmtheit vom Abscheiderinhalt und von der Zuflußwassermenge abhängen, möglicherweise auch noch durch die Art des zur Prüfung verwendeten Öles bestimmt werden. Es ergibt sich nun die Tatsache, daß die näherungsweise verwendeten Geraden sich in einem einzigen Schnittpunkt schneiden, so daß man durch Verbindung des Tangentenschnittpunktes mit einem, im Bereich zwischen \mathbf{x}_1 und \mathbf{x}_2 befindlichen Meßpunkt bereits die Lage und die Neigung der Kurve erhalten kann.

Durch die Eingabe in den Rechner ergibt sich auch die Möglichkeit, Zwischenwerte zu interpolieren.

Eine anschließende Fehlerrechnung aufgrund der Gauß'schen Normalverteilung wurde mit den Kenngrößen S (Standardabweichung) und y (Mittelwert) durchgeführt. Dabei hat sich ergeben, daß der Mittelwert um - 0,77 ppm niedriger liegt und die Standardabweichung 1,34 ppm beträgt. Diese Werte sind also vernachlässigbar klein.

Die Eingabe eines Programms in die Rechenanlagen und die mathematische Auswertung
ergeben eine gute Kontrolle, ob irgendwelche
Meßfehler vorhanden sind. Im Falle des Vorhandenseins von Fehlern würden die Kurven
abweichend liegen und insbesondere würden
sich die Kurven nicht in einem Punkt schneiden.

Nach Erarbeitung des bisherigen Standes der Untersuchungen wurden gleichlaufende Untersuchungen an einem anderen Abscheider im gleichen Institut und ein Parallelversuch dazu an einem größeren Abscheider auf einem Prüfstand eines der Herstellerwerke durchgeführt. Als Ergebnis darf mitgeteilt werden,

daß auch die dabei erzielten Meßergebnisse sich mit den obengenannten mathematischen Auswertungen decken.

4.4 Vorschlag für ein neues Prüfverfahren

Als Ergebnis der Messungen darf festgestellt werden, daß die Bestimmung des Abscheideeffektes über den Ölgehalt im Auslauf nicht nur den praktischen Gegebenheiten näher kommt, sondern auch reproduzierbar ist und neben der Prüfstandskontrolle auch Praxismessungen an eingebauten Abscheidern gestattet.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß nur fein anzeigende und zuverlässig wirkende Meßeinrichtungen, wie z.B. die IR-Meßeinrichtungen verwendet werden, da eine Genauigkeit auf millionstel Teile verlangt werden muß.

Auch an die Wassermeßeinrichtungen müssen strengere Maßstäbe angelegt werden als bisher. Insbesondere müssen in die Norm Toleranzangaben für den Zufluß aufgenommen werden.

Wird in dieser Weise verfahren, so lassen sich auf wirtschaftliche Weise und hinreichend genau verschiedene Betriebspunkte der Abscheidewirkung ermitteln, die mit Hilfe mathematischer Formeln zu einem Kennlinienfeld interpoliert werden können und somit Rückschlüsse auf das Verhalten des Abscheiders unter verschiedenen Betriebsbedingungen zulassen. Dieses Kennlinienfeld dient nicht nur zur Festlegung der Eignung des Abscheiders zur Zulassungsprüfung, sondern müßte sich auch auf den speziellen Einsatz bei bestimmten Fällen im Praxisbereich umrechnen lassen.

Wegen der Abscheidefreundlichkeit und Wasserunlöslichkeit des bisher verwendeten Gasöls ergeben sich auch für die Zulassungsprüfung nur enge Toleranzen, so daß damit eine bestmögliche Reproduzierbarkeit gewährleistet ist.

Die Reproduzierbarkeit wird noch verbessert durch Festlegung von Ölzuflüssen von mehr als 0,5 % der Zulaufwassermenge.

5. Untersuchung verschiedener Leichtflüssigkeiten

Im folgenden werden Untersuchungen außerhalb des Abscheiders beschrieben, die über die Abscheiders beschrieben, die über die Abscheidefreundlichkeit bzw. das Abscheideverhalten verschiedener Leichtflüssigkeiten Auskunft geben sollen, ohne daß dazu erst Versuche in einem Abscheider erforderlich sind. Zu untersuchen ist das Anzeigeverhalten der aus Gründen der einfacheren Handhabung verwendeten nichtdispersiven IR-Analytik, ein Schnellverfahren zur Simulation der Abscheidewirkung bei geringer Dispersion, ein weiteres Schnellverfahren zur Untersuchung der Abscheidewirkung bei starker Dispersion und der Einfluß der Wasserqualität auf den Abscheideeffekt.

Die Messungen wurden durchgeführt mit dem schon aus den vorhergegangenen Untersuchungen in seinen Eigenschaften bekannten Gasöl, mit einem Kraftfahrzeugbenzin (Superkraftstoff), mit einem in den Eigenschaften genau definierten Testbenzin sowie mit 7 verschiedenen Kaltreinigern. Die Messungen erheben keinen Anspruch
auf Vollständigkeit, jedoch ist mit diesen verschiedenartig reagierenden Leichtflüssigkeiten
auf verhältnismäßig einfache Weise ein Überblick zu gewinnen über die Möglichkeiten zur
Untersuchung der Abscheidefreundlichkeit der
verschiedensten Leichtflüssigkeiten.

5.1 Anzeigeverhalten der Meßapparatur

In Ergänzung der Verwendung von Gasöl bei den bisherigen Untersuchungen ist für die nachfolgenden vorab festzustellen, daß sich gerade die IR-Analytik für derartige Untersuchungen besonders bewährt hat. Weiter ist festzustellen, daß diese natürlich nicht nur mineralölbürtige Kohlenwasserstoffe anzeigt, sondern alle Arten von Kohlenwasserstoffen, wobei bestimmte Absorbtionsbanden, vor allem im Bereich 3 - 4 µm stark, andere wiederum schwächer angezeigt werden, sich also relativ zueinander verändern können und deshalb das Anzeigeverhalten der Meßapparatur einer näheren Untersuchung unterzogen werden muß. Die nicht-dispersive Analytik legt den Meßausschlag der CH2-Gruppe stellvertretend für alle Gruppen und für das Verhältnis CH: CH2: CH3 von z.B. Heizöl zugrunde und erfordert daher bei Änderung des Verhältnisses eine Umeichung des Gerätes.

Bei Stoffen unbekannter Herkunft besteht die Möglichkeit, daß nicht aller Anteil an Kohlenwasserstoffen mineralölbürtig ist. In solchen Fällen ist die Feststellung der durch Tetrachlorkohlenstoff extrahierbaren Öle durch eine qualitative Analyse zu ergänzen, aus der der Anteil der nicht in die Betrachtungen einzubeziehenden, eigens mit anderen Analysenmethoden festzustellen ist. Dies wurde hier nicht vorgenommen, da nicht zum Thema gehörig.

Es besteht auch die Möglichkeit, daß die Gemische Volumenanteile nicht-kohlenwasserstoffhaltiger Substanzen enthalten. In diesem Fall
wäre auch eine Erklärung dafür gegeben, wenn
die Anzeige niedriger ausfällt als die definierte Zusammensetzung der Eichlösungen.

Unter diesen Voraussetzungen war vorab das Anzeigeverhalten der zu betrachtenden Öle festzustellen, wie es in <u>Tabelle 3</u> dargestellt ist. Dieses wurde gefunden, indem zuerst das nichtdispersive Gerät mit einem Gemisch von Gasöl und Tetrachlorkohlenstoff im Verhältnis 1,5 µl: 10 ml geeicht wurde und der damit erhaltene Meßausschlag als 100 % des Anzeigeergebnisses festgelegt wurde. Die anderen Stoffe wurden in gleicher Weise 1,5 µl: 10 ml in das Gerät eingegeben und der so ermittelte Meßausschlag festgestellt. Daß dies zulässig ist, wurde bereits von Hellmann (21) festgestellt.

Auf diese Art und Weise kann der Meßausschlag des Gerätes mit einem Korrekturfaktor versehen und damit eine Vergleichsbasis zu Gasöl hergestellt werden. Der geringere Meßausschlag beim Vergaserkraftstoff kann auch durch die Flüchtigkeit bestimmter Anteile erklärt werden. Die Eichung wurde nämlich in einem gut temperierten Raum vorgenommen. Es kann aber auch ein höherer Aromatenanteil mit die Ursache sein. Auch Hellmann gibt hier einen Minuswert von 30 % an.

Beim Kaltreiniger Nr. 4 kann eine Beigabe nichtkohlenwasserstoffhaltiger Substanzen mit eine Rolle spielen.

5.2 Simulation der Abscheidewirkung

Aus den Untersuchungen der Auslaufqualität eines Abscheiders mit Gasöl ist bekannt, daß mindestens 98 % der zugegebenen Leichtflüssigkeit im Abscheider abgetrennt wird. Es ist ferner bekannt, daß etwa 2 ppm. also ein vernachlässigbar kleiner Teil eine wirkliche Lösung mit dem Wasser eingegangen ist. Ferner ist bekannt, daß ein Abscheiderauslauf je nach den bei der Prüfung anzutreffenden Bedingungen nicht viel weniger als 20 ppm und nicht mehr als etwa 100 ppm an Ölgehalt aufweist. Dieser Anteil an Leichtflüssigkeit liegt - ausgenommen der gelöste Teil - in mehr oder minder stark dispergierter Form vor, ist also keine echte Lösung. Er läßt sich aber andererseits nur über den Abscheider selbst beeinflussen. Somit ergibt sich bei einem Abscheider nach DIN 1999 immer ein Ölgehalt von mehr als 20 ppm im Auslauf, wenn er mit Gasöl beschickt wird, auch dann, wenn nur eine geringe Turbulenz bei Anfall, Ableitung und Einlauf in den Abscheider vorzufinden ist.

Um eine Übersicht über das Abscheideverhalten der anderen Leichtflüssigkeiten zu bekommen, wurden deshalb Proben, wie sie auch dem Abscheider zugegeben werden können, im Verhältnis Öl: Wasser = 1: 100 im Scheidetrichter kurz gemischt und eine Absetzzeit von 5 bzw. 10 Minuten abgewartet, bevor der Restölgehalt des Wassers festgestellt wurde. Dieser Restölgehalt wurde mit den nach Tabelle 3 ermittelten Korrekturfaktoren korrigiert und in Tabelle 4 dargestellt.

Wird der Restölgehalt nach 5 Minuten als Grundlage genommen, so läßt sich daraus ersehen, wie verschiedenartig sich die einzelnen Stoffe nach dem Verlassen des Abscheiders verhalten, wobei die erzielten Restölgehalte sicher ein vergleichbares Ergebnis für einen guten Abscheider darstellen. Um festzustellen, ob der Restölgehalt mehr aus dispergierten oder gelösten Stoffen besteht, wurde auch der Restölgehalt nach 10 Minuten festgestellt. der in etwa einer Verdoppelung der Aufenthaltsdauer im Abscheider entsprechen würde. Es zeigt sich, daß der Restölgehalt bei Gasöl. Vergaserkraftstoff und Testbenzin nur geringfügig zurückgeht. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß eine Verdoppelung der Aufenthaltsdauer nicht den Effekt bringt, der von den Wasseraufsichtsbehörden gewünscht wird, nämlich Restölgehalte unter 20 mg/l = 25 ppm, daß also bei diesen Stoffen auf alle Fälle bei so hohen Anforderungen eine Filteranlage nachzuschalten wäre.

Bei den Kaltreinigern ergibt sich ein sehr hoher Restölgehalt (der bei der nicht dispersiven Messung oft noch nicht einmal durch Zugabe einer im Verhältnis 1: 1 mit Wasser verdünnten Probe festgestellt werden konnte) für die Kaltreiniger Nr. 1, 2, 3, 5 und 6. Diese Kaltreiniger haben allem Anschein nach einen Zusatz grenzflächenaktiver Stoffe (Tenside) und sind daher sehr stark emulsionsbildend. Sie sind deshalb für eine Verwendung in einem Abscheider nicht geeignet.

Demgegenüber liegen bei den Kaltreinigern Nr. 4 und 7 keine grenzflächenaktiven Anteile vor. Aus dem Restölgehalt nach 10 Minuten ist sogar ersichtlich, daß diese sich wesentlich schneller abscheiden als Gasöl und Vergaserkraftstoffe.

Die Versuchsdurchführung zeigt analog zur Feststellung des Ölgehaltes bei Gasöl mit Proben aus dem Auslauf nach Abschnitt 3.3 den Anteil stark dispergierter oder emulgierter Bestandteile nach einer Standzeit (Aufenthaltsdauer) von 10 Minuten, der auf keinen Fall durch Schwerkraftabscheider abgetrennt werden kann. Dies wäre auch der Anteil, der mit anderen Verfahren als der IR-Analytik nicht mehr erfaßt werden könnte.

In der Praxis erhöht sich der Anteil der Leichtflüssigkeiten im Auslauf eines Abscheiders fallweise mehr oder weniger durch weniger dispergierte, noch aufrahmbare Anteile infolge des Betriebes in bestimmten Betriebspunkten des Kennlinienfeldes und individueller Wirkungsgrade der Abscheider.

5.3 Einflüsse stärkerer Dispersion

Die Bundeswehr (22) und Dittrich/Klein (23) beurteilen das Abscheideverhalten von Kaltreinigern durch Zugabe von Testverschmutzungen und intensive Dispersion. Diese Beurteilung ist sicher richtig bei den Bilgenentölungsschiffen usw., da hier kontaminiertes Abwasser durch Pumpen von Schiff zu Schiff übergepumpt wird.

Um auch einen Vergleich mit diesem Verfahren herbeizuführen, wurden wieder Proben im Verhältnis 1: 100 mit Wasser versetzt. diesmal aber 15 Minuten maschinell gerührt, bevor die Ruhezeit für die Feststellung des Restölgehaltes gerechnet wurde. Diese Art eines Abscheideverhaltens simuliert den Durchfluß des Abwassers durch Pumpen, das Verhalten eines Abwassers aus Hochdruckreinigungsgeräten oder nur einfach einem Abscheider mit einem schlechten Wirkungsgrad. Das Ergebnis ist in Tabelle 5 für einige der genannten Stoffe zusammengestellt. In diesem Fall wurden jetzt die stark emulgierenden Kaltreiniger, die nach Tabelle 2 ohnehin für die Verwendung in Abscheidern ungeeignet sind, nicht mehr weiter untersucht. An den untersuchten Stoffen zeigt sich, daß dieses starke Verrühren eine wesentliche Erhöhung des stark dispergierten Anteils der Öle mit sich bringt, der selbst bei einer 3-fachen Aufenthaltsdauer in einem Abscheider nicht mehr auf für die Abscheidewirkung brauchbare Größenordnungen zurückgeht. Es zeigt sich also, daß derartig starke Dispersionen in einem normalen Abscheider nur dann zurückgehalten werden können.

wenn der Dispersion genügend Zeit gegeben wird, sich zu entmischen, d.h. bei Verwendung von Pumpen oder Hochdruckreinigern ist ein kontinuierlicher Anfall von Abwasser nicht zulässig und es muß der Inhalt eines Abscheiders auf jeden Fall größer sein als die während einer Arbeitsperiode anfallende Abwassermenge, so daß das Abwasser im Abscheider Zeit hat, sich erst zu entmischen, bevor durch neu hinzukommendes Abwasser der Abscheiderinhalt nach und nach verdrängt wird.

5.4 Einfluß der Wasserqualität

Aus Tabelle 6 ist ersichtlich, welchen Einfluß grenzflächenaktive Stoffe auf die Abscheidewirkung ausüben. In ähnlicher Form wurde dies ja auch schon von anderen Autoren festgestellt (s. Literaturverzeichnis). Solche grenzflächenaktiven Stoffe können auch im Wasser vorhanden sein, mit dem ein Abscheider beurteilt werden soll. Was dies für Folgen haben kann, zeigt Tabelle 6. In dieser Tabelle wurden bei 2 Ölen die Ölgehalte im Wasser nachgewiesen nach Schüttelproben gemäß Tabelle 4, wobei aber diese Proben einmal mit Leitungswasser, einmal mit Wasser aus dem Main angesetzt wurden, das vor der Zugabe von Ölen bereits einen Kohlenwasserstoffgehalt von 2 ppm aufweist. Handelte es sich bei diesem Kohlenwasserstoffgehalt um einen mineralölbürtigen, so wäre dieser lediglich bei der Feststellung des restlichen Ölgehaltes zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall muß das Wasser jedoch grenzflächenaktive Stoffe enthalten haben, wie sich aus dem Ölgehalt mit Mainwasser im Vergleich zum Ölgehalt mit Leitungswasser ergibt. Durch den auch nur in Spuren vorhandenen Anteil grenzflächenaktiver Stoffe ist der Ölgehalt gegenüber den Proben mit Leitungswasser größer und versagt sich so einer vergleichbaren Beurteilung zu der mit Leitungswasser geprüften Abscheidewirkung.

5.5 Versuche mit Abscheidern

Zur Klärung der Frage, ob die Schnellverfahren mit der Praxis übereinstimmen, wurden zusätzliche Prüfstandsversuche an einem
Abscheider mit Beschickung eines Vergaserkraftstoff/Wassergemisches durchgeführt.
Ferner wurden Messungen der Kontamination
des Auslaufes von Abscheidern hinter Fahrzeugentkonservierungsanlagen vorgenommen.

Der unter verschiedenen Betriebsbedingungen geprüfte, mit Benzin und vergleichsweise auch mit Gasöl beschickte Abscheider ergab die Meßwerte der Tabelle 7.

Unter Berücksichtigung der Fehlanzeige des auf Gasöl geeichten Gerätes in einer Größe von etwa 30 % ergibt sich trotzdem noch eine deutlich geringere Kontamination als mit Gasöl. Mehrere Meßwerte unter gleichen Versuchsbedingungen ergeben aber stärkere Schwankungen.
Die Erklärung der geringeren Kontamination gegenüber den Schüttelproben liegt hauptsächlich in der geringeren Dichte ($\mathfrak{C} = 0,74$) eines Ver-

gaserkraftstoffes. Die größeren Schwankungen erklären sich aus der Flüchtigkeit der Bestandteile. Bei der Analyse von Gemischen mit Vergaserkraftstoff und Wasser scheinen der Zeitfaktor zwischen Probenahme und Analyse und die herrschenden Temperaturen eine nicht unwesentliche Rolle zu spielen. Auch die verhältnismäßig geringe Turbulenz bei einer Beschickung des Prüfstandes für einen Abscheider der kleineren Nenngröße dürfte hier nicht unwesentlich sein.

Im Ergebnis zeigt sich beim Abscheiden von Vergaserkraftstoff auf dem Prüfstand ein höherer Wirkungsgrad, jedoch ist die Abscheidewirkung nur unpräzise erfaßbar.

Die Untersuchungen an insgesamt 2 Fahrzeug-Entkonservierungsanlagen ergaben trotz weitgehender Übereinstimmung in der Handhabung Kontaminationen des Auslaufwassers im Bereich zwischen
1200 und 2200 ppm. Dabei ist bei sehr geringem
Zulauf, diskontinuierlichem Betrieb und besonders großem Abscheiderinhalt eine anlagenspezifische, weitgehend gleichbleibende Kontamination des Auslaufs feststellbar. Der Abwasseranfall beträgt dabei etwa 0,15 1/s.

Betrachtet man dazu die Zuflußseite, so läßt sich feststellen, daß nur etwa 50 % des verwendeten Entkonservierungsmittels mit dem Konservierungswachs eine Lösung eingehen und im Abscheider aufgerahmt werden. Der Rest geht zwar verdünnt durch das Nachspülwasser, jedoch sonst unverändert durch den Abscheider.

Die Differenz gegenüber den dispergierten Proben nach 5.3 erklärt sich aus der sehr starken Dispersion oder Emulsion unter dem Einfluß von Druck und Heißwasser, die praktisch jedes Entkonservierungsmittel für den Abscheider ungeeignet werden lassen. Offensichtlich ergibt eine Dispersion unter Druck und hohen Wassertemperaturen stabile Emulsionen, die sich auch bei diskontinuierlichem Betrieb und mehrfach verlängerter Aufenthaltsdauer in Abscheidern nach DIN 1999 nicht mehr trennen lassen. Aus ursprünglich möglicherweise abscheidefreundlichen Stoffen sind durch extreme Betriebsbedingungen für die Behandlung in Abscheidern nicht mehr geeignete Emulsionen geworden. Die Schnellprüfung durch Simulation der Abscheidewirkung nach den Abschnitten 5.2 und 5.3 ist hierfür eine nicht mehr geeignete Methode.

Institut für Sanitär- und Abwasse

Sanitär- und Abwassertechnik

Grasmeier Baudirektor Landesgewerbeanstalt Bayern Materialprüfungsamt Zweigstelle Würzburg

> Buchner Leitender Baudirektor

Tabelle 1: Zusammenhänge zwischen Ölgehalt und Wirkungsgrad (rechnerisch)

Bei Ölanteilen von 0,5 % im	Zulauf:			
Ölgehalt im Auslauf (ppm)	50	100	150	200
Ölverlust (%)	1	2	3	4
Wirkungsgrad (%)	99	98	97	96
Bei Ölanteilen von 1,0 % im	Zulauf:			
Ölgehalt im Auslauf (ppm)	50	100	150	200
Ölverlust (%)	0,5	1,0	1,5	2,0
Wirkungsgrad (%)	99,5	99,0	98,5	98,0

Tabelle 2: Meßergebnisse an einem Abscheider bisheriger Größe 3

Q 1/s	Ölzugabe cm ³ /min	%	Öl im Auslauf ppm	Wirkungsgrad %
2.0	1000	0.83	25	99.7
(66 %)	1250	1.03	32	99.7
	1500	1.23	40	99.6
	4000	3.33		
3.0	600	0.33	39	98.8
(100 %)	1400	0.78	73	99.1
	2000	1.11	100	99.1
	3000	1.67	140	99.2
	4000	2.22	165	99.2
	6000	3.33	170	99.5
3.5	1000	0.48	70	98.5
(117 %)	2000	0.96	120	99.3
	4000	1.90	214	99.1
4.3	600	0.23	80	96.5
(143 %)	1400	0.54	125	97.7
	2000	0.78	162	97.9

Tabelle 3: Anzeigeverhalten verschiedener Stoffe Eichung des Gerätes mit Gasöl 1.5 µl/10 ml

Ölart	Meßausschlag (ppm)	Anzeigeergebnis (%)	(%) Korrekturfaktor	
Gasöl	150	100		
Vergaserkraftstoff	90	60	1.67	
Testbenzin	140	93.3	1.07	
Kaltreiniger:				
Nr. 1	175	117	0.85	
2	150	100	1.00	
3	180	120	0.67	
4	120	80	1.20	
5	155	97	1.03	
6	150	100	1.00	
7	200	133	0.75	

Tabelle 4: Abscheideverhalten
Proben 1: 100, kurz geschüttelt

Stoff	Restölgehalt nach 5 min. Ruhezeit (ppm)		Restölgehalt nach 10 min. Ruhezeit (ppm)		
	Meßausschlag	korrig. Meßwert	Meßausschlag	korrig. Meßwert	
Gasöl ,	20	20	13	13	
VK	55	92	45	75	
Testbenzin	35	37	25	27	
Kaltreiniger:					
Nr. 1	> 400		≥ 400	_	
2	360	360	360	360	
3	400	268	400	268	
4	19	23	2	2	
5	≥ 400		≥ 400	-	
6	≥ 400	_	≥ 400	- 1	
7	35	26	16	12	

Tabelle 5: Abscheideverhalten
Proben 1: 100, 15 min. maschinell gerührt

Stoff	Restölgehalt nach 5 min. Ruhezeit Restölgehalt nach 15 min. Ruhezeit (ppm)				
	Meßausschlag	korrig. Meßwert	Meßausschlag	korrig. Meßwert	
Gasöl	195	195	120	120	
Kaltreiniger:					
Nr. 4	150	180	150	180	
7	165	124	110	82	

Tabelle 6: Einfluß der Wasserqualität

Ölgehalt in Wasser nach	5 min.	10 min.
bei Gasöl/ Mainwasser	95	60
bei Gasöl/ Leitungswasser	20	13
bei Kaltreiniger/Mainwasser	55	48
bei Kaltreiniger/Leitungswasser	26	12

Tabelle 7: Vergleichsmessungen zwischen Vergaserkraftstoff und Gasöl an einem Abscheider Größe 1.5

Beso	Beschickung Meßauss		chlag Meßwer		te	
Q (1/s)	Ölzugabe (%)	bei VK	Mittelwert	VK korrig.	Gasöl ppm	
1.5	0.6	8 - 10	9	13	16	
1.5	1.1	13 - 17	15	21	35	
3.0	0.6	18 - 25	22	30	55	
3.0	1.1	29 - 36	33	46	100	

Korrekturfaktor für das Anzeigeverhalten des verwendeten Vergaserkraftstoffes: + 1.40

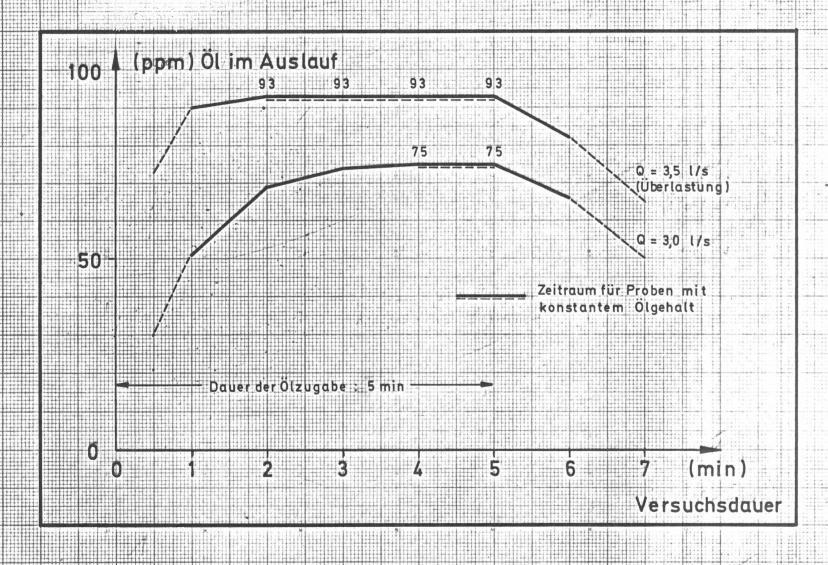


Bild 1 Ölgehalt im Auslauf eines Abscheiders Gr. 3

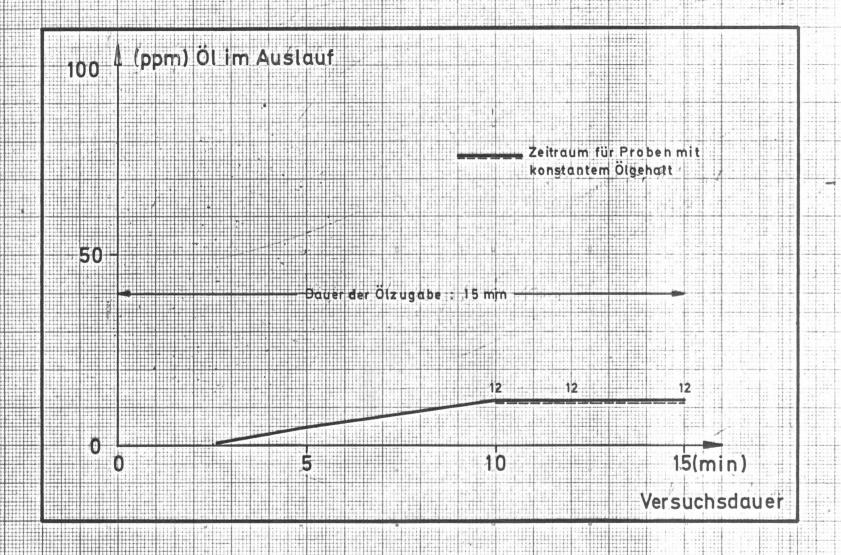
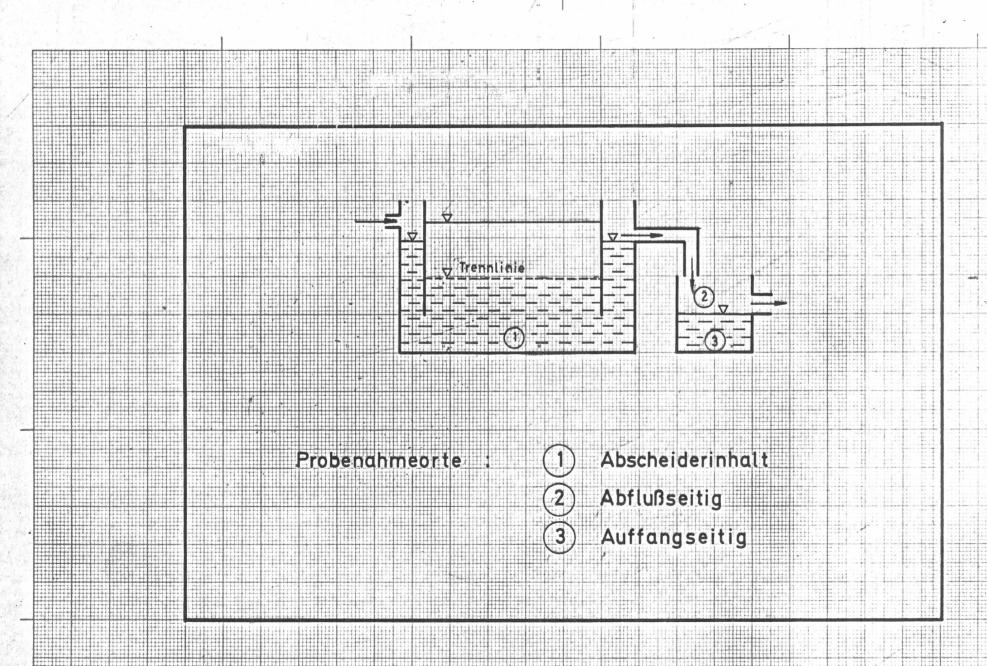


Bild 2 Ölgehalt im Auslauf eines Abscheiders Gr. 20



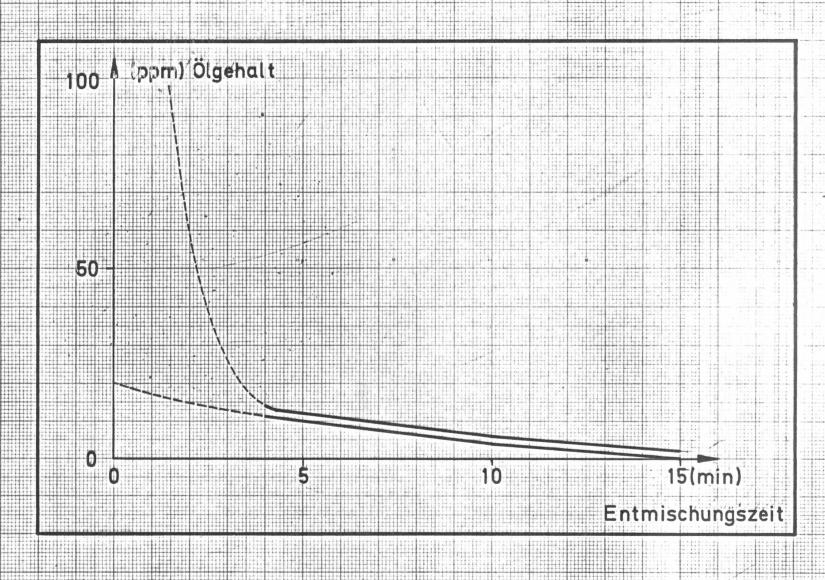
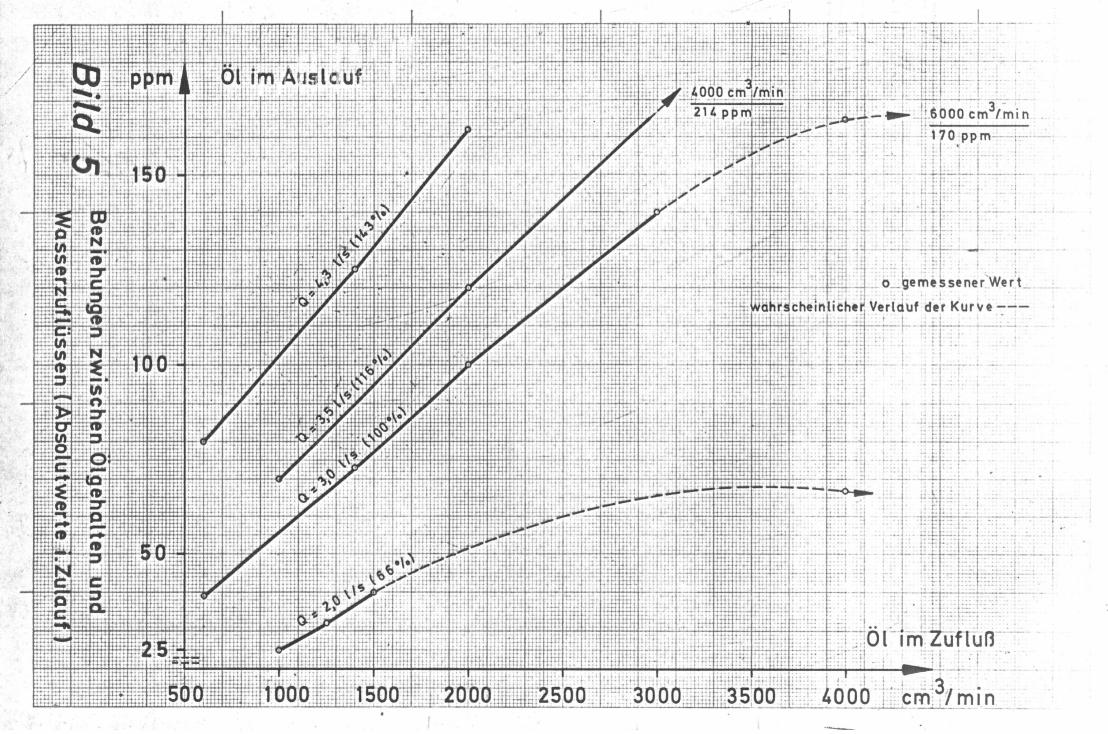
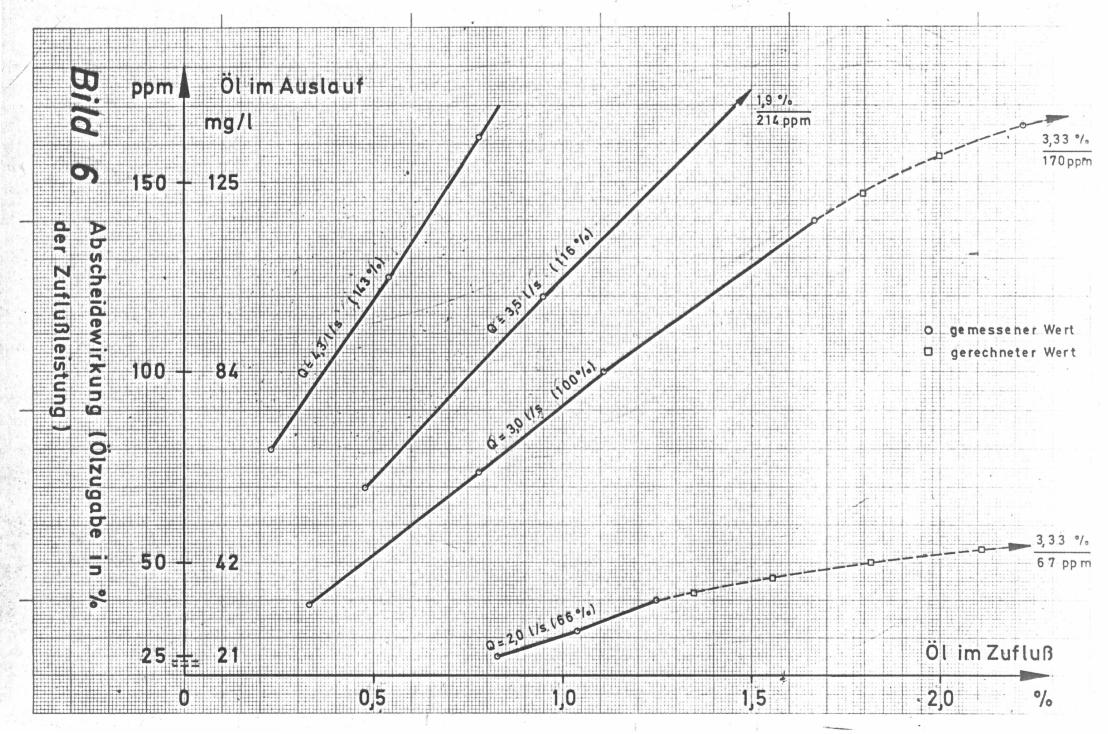


Bild 4 Entmischung von Gasöl in Wasser





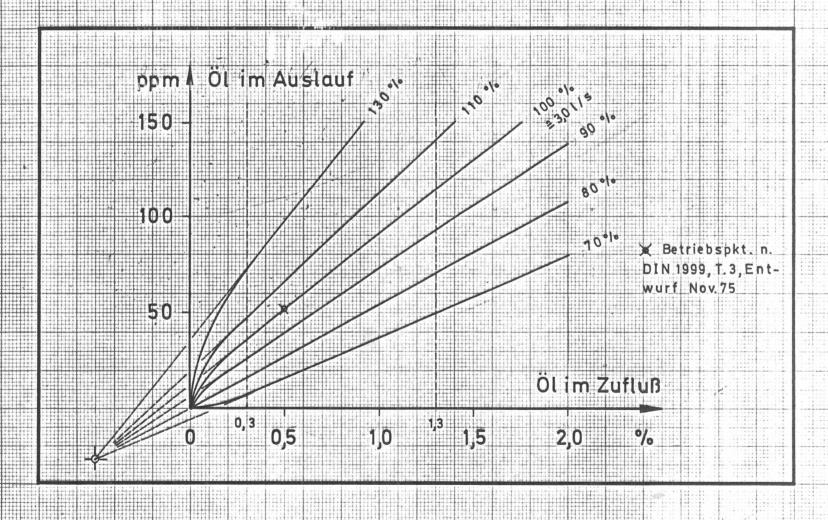


Bild 7 Rechnerische Auswertung der Abscheidewirkung

LITERATURVERZEICHNIS

(1) DIN 1999, Benzinabscheider,

Bl. 1, November 1959

Bl. 2, September 1958 X

Bl. 3. Januar 1956 X

Beuth-Vertrieb, Berlin und Köln

- (2) DIN 4043, Heizölsperren-Heizölabscheider, Juli 1961 Beuth-Vertrieb, Berlin und Köln
- (3) DIN 1999, Abscheider für Leichtflüssigkeiten,
 Teil 1, August 1976
 Teil 2, August 1976
 Teil 3, Entwurf November 1975
 Beuth-Vertrieb, Köln und Berlin
- (4) Prof. Dr.-Ing. D. Tech h.c. Hans Rumpf Leichtflüssigkeitsabscheidung Passavant-Abscheidetechnik, Ausgabe 1975 Passavant-Werke, 6201 Aarbergen
- (5) H. Kraft
 Ingenieurarbeit 1972
 Funktion und Berechnung eines Leichtstoffabscheiders
 Fachhochschule Gießen
- (6) H. Weber
 Diplomarbeit 1972
 Optimierung von Leichtstoffabscheidern
 Technische Hochschule Aachen
- (7) J. Weidner
 Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft
 Zufluß, Durchfluß und Absetzwirkung zweckmäßig gestalteter Rechteckbecken
 R. Oldenbourg Verlag, München 1967

- (8) T. R. Camp
 A study of the rational design of settling tanks
 Sewage Works Journal. September 1936
- (9) W. Weihrauch
 Hydraulische Untersuchung eines von außen nach innen
 durchströmten Rundbeckens
 Korrespondenz Abwasser Heft 7/74
 Abwassertechnische Vereinigung, Bonn
- (10) Bogatyrev/Zajdlik,
 Die Funktion von Ölabscheidern für kleine Verunreinigungsmengen
 WWT 22. Jahrgang (1972) Heft 1
- (11) Abwassertechnische Vereinigung, Bonn
 Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik
 Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, München, Düsseldorf
- (12) Dunbar Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage R. Oldenbourg Verlag, München
- (13) Anonymus Öle und Detergenzien im Wasser und Abwasser R. Oldenbourg Verlag, München
- (14) Meinck-Stooff-Kohlschütter
 Industrieabwässer
 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

- (15) Sierp

 Gewerbliche und industrielle Abwässer

 Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- (16) Knop Über den Einfluß der Strömung auf Flockung und Absetzvorgänge in Klärbecken Gesundheitsingenieur Heft 9/10, 73. Jahrgang 1952 R. Oldenbourg Verlag, München
- (17) Anonymus

 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung,

 Bestimmung von Ölen und Fetten H 17/18,

 Verlag Chemie, Weinheim
- (18) Menk
 Mineralöl- und Gewässerschutz
 Korrespondenz Abwasser 11/72, 19. Jahrgang
 Abwassertechnische Vereinigung, Bonn
- (19) Abwassertechnische Vereinigung, Bonn
 Hinweise für das Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche
 Abwasseranlage
- (20) Obenauer/Nolte

 Der Einfluß von Waschmitteln auf die Abscheidewirkung von Benzinabscheidern

 Gesundheitsingenieur Heft 7/1967

 R. Oldenbourg Verlag, München

(21) Dr. Hellmann, H.

Einfache instrumentelle IR-Messung von Kohlenwasserstoffen in Fluß- und Abwässern

Vom Wasser, 50. Band 1978
Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr.

(22) Anonymus TL 6850-017

Technische Lieferbedingungen
Kaltreinigungsmittel
Ausgabe April 1979
Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung
BWB-ZA 17, Koblenz

(23) Dr. Dittrich, V. und Klein

IWL-Studie

über den Einsatz von Kaltreinigern in der

Binnenschiffahrt

IWL, Oberländer Ufer, 5000 Köln 51

- (24) Große, L. VDI
 Arbeitsmappe für Mineralölingenieure
 VDI-Verlag GmbH. Düsseldorf 1962
- (25) Böhnke/Gegenmantel/Hoffmann
 Grundlagen für die Bemessung von Benzinabscheidern
 in Wassergewinnungsanlagen
 Institut für Siedlungswasserwirtschaft
 TH Aachen

- (26) ÖNORM B 5101 Mineralöl-Abscheider
 Ausgabe 1. April 1976
 Österr. Normeninstitut, A 1021 Wien
- (27) Dr. Sturm/Weiler:

 PASSFA-Methode

 Passavant-Werke, Michelbacher Hütte,
 6209 Aarbergen 7
- (28) Anonymus:

 Öl-in-Wasser Analysator OCMA 200

 Horiba GmbH, Industriestr. 8,
 6374 Steinbach/Ts.