

Ein neuer Schritt vorwärts zur Beherrschung der Verschmutzung.

Filter können das Wasser
aus Hydrauliköl entfernen.

Dr.-Ing. P. Blok
Koppen & Lethem Aandrijftechniek B.V.
Waddinxveen, Niederlande

und J.C. Fitch
Diagnetics, Inc.
Tulsa, V.S.

Wasser in einem Hydrauliksystem bildet eine sehr ernst zu nehmende Verschmutzung des Öles. Dennoch wird eine Verschmutzung von Wasser als solches nur selten erkannt, kaum verstanden und bis vor kurzem, als schwer zu bekämpfen betrachtet. Manchmal wird der Schaden von Wasser auf andere Verschmutzungsarten zurückgeführt. Wasser wirkt des öfteren mit anderen Verschmutzungsarten zusammen und bewirkt sowohl ein Angreifen des Hydrauliköls als ein Angreifen der hydraulischen Komponenten, welche sich gegenseitig verstärken. Bis jetzt bezweckte die Filtrierung des Hydrauliköls die Feststoffpartikelentfernung. Die Hydraulikindustrie hat in den letzten zwanzig Jahren dann auch große Fortschritte beim Anwenden und Erhalten einer gut ausgelegten Feststoffpartikelfiltration gemacht. Die neuerliche Einführung wasserabscheidender Filter aber, scheint dazu bestimmt zu sein, den Schwerpunkt der Beherrschung der Verschmutzung des Öles zu verlegen.

Die Folgen einer Ölverschmutzung mit Wasser. Eine gute Wartung des Hydrauliköles bedeutet die Beseitigung des wichtigsten Grundes der meisten Störungen in Ölhydrauliksystemen und -komponenten. Diese kann nicht hoch genug bewertet werden. Für eine Hydraulikanlage ist Wasser so etwas wie ein Krankheitserreger. Es vernichtet sowohl das Hydrauliköl selbst, sowie die chemischen Zusätze (Additive). Es greift die Oberflächen der Komponenten an und beschleunigt den Verschleiß. Der von Wasser verursachte Schaden kann normalerweise nur durch Ersatz der beschädigten Teile bzw. des Hydrauliköles behoben werden.

Die schadhafte Wirkung des Wassers zeigt sich in:

Oxydation des Öles.

Indem das Hydrauliköl sich erwärmt, werden Feuchtigkeit und Luft (Sauerstoff) gemeinsam, sowohl die Grundflüssigkeit wie die zugesetzten Wirkstoffe (zum Beispiel zur Steigerung des Viskositätsindex und zur Verbesserung des Rostschutzvermögens und der Alterungsbeständigkeit) angreifen. Daraus erfolgt ein Anstieg der Viskosität und des Säuregehaltes und es bilden sich Schleime und Harze. Diese letzten Nebenprodukte sind öfters verantwortlich für das Klebenbleiben der Schieber in Ventilen, für das Verstopfen von Blenden und, selbstverständlich, für das Nachlassen der Schmierfähigkeit.

Nachlassen des Verschleißschutzes.

Das Zusammenwirken von Feuchtigkeit und hohen

Betriebstemperaturen kann die Verschleißschutzfähigkeit einer Flüssigkeit, welche von einem Additiv auf der Basis von Zinkdialkyldithiophosphat (ZDTP) herrührt, sehr schnell vernichten. Diese Wirkstoffe sind äußerst wichtig zum Erzielen einer langen Lebensdauer von Pumpen und Motoren, besonders bei hohem Druck. Ohne diesen Verschleißschutz steigt der Verschleiß durch Schmutzpartikel schnell an. Die hydrolytischen Zersetzungsprodukte des ZDTP können außerdem Feinfilter zusetzen und damit die Filterbarkeit des Hydrauliköls beeinträchtigen. In der Praxis bedeutet dies ein häufiges Auswechseln der Filterelemente wegen zu hohem Differenzdruck.

Schlamm Bildung.

Ventile und andere von Kolben und kleinen Blenden versehenen Komponenten sind fatal ablaufende Störungen, durch Schlamm Bildung und durch "hydraulic lock" infolge dessen, ausgesetzt. Die Umstände welche zur Schlamm Bildung führen, werden in hohem Maße von der Anwesenheit des Wassers gefördert. Diese ergeben sich, da in Flüssigkeiten welche Wasser enthalten die Schmutzpartikel dazu neigen zusammen zu kleben, wie etwa bei nassem Sand. Dies hat verklemmte und versagende Komponenten zur Folge.

Korrosion.

Wasser ist die Ursache einer großen Anzahl mit Korrosion verbundener Probleme, wie:

- mehrere und größere Risse, infolge Werkstoffermüdung und darauf überlagerte Korrosion,
- Korrosion durch Schwefelwasserstoff und Schwefelsäure (Nebenprodukte der Antastung der Flüssigkeit von Wasser) und
- Rostbildung.

Das Vorkommen von Wasser in Öl.

Wasser ist leider immer in Hydrauliköl vorhanden, da es von Natur in nahezu allen Flüssigkeiten löslich ist. Nur eine kleine Wassermenge kann in Mineralöl gelöst werden bis es den Sättigungsgrad erreicht hat. Das aufgelöste Wasser ist im Öl unsichtbar und schadet weniger als eine Konzentration über den Sättigungsgrad hinaus. Oberhalb des Sättigungsgrades kann Wasser in freier Form und als eine Emulsion mit dem Öl vorkommen. Dann wird das Vorkommen aus einer Trübung der Flüssigkeit erkennbar, im Vergleich mit der wasserfreien Flüssigkeit oder jener mit gelöstem Wasser. Größere Wassermengen färben das Öl milchig. Dieses sichtbare Wasser ist eine Emulsion und sehr schädlich.

In freier Form setzt das Wasser sich im Allgemeinen ab und wird von der Grundflüssigkeit unter Einfluß der Schwerkraft getrennt. Wenn die Grundflüssigkeit schwerer ist als Wasser (zum Beispiel Phosphatester), treibt das freie Wasser oben auf der Flüssigkeit. Indem

die spezifischen Massen ungefähr gleich sind, wie bei silikonbasischen Grundflüssigkeiten, bleibt das freie Wasser als Tropfen in der Flüssigkeit schweben. Öl und Wasser bilden eine Emulsion, indem sie gründlich vermischt werden beim Durchgang durch die Pumpe oder die enge Regelspalte eines Ventils. Flüssigkeitsbedingt (die Oberflächenspannung ist dabei besonders wichtig) ist die Emulsion mehr oder weniger stabil. Eine weniger stabile Emulsion wird nach einiger Zeit auseinanderfallen (demulgieren) unter Einfluß der Schwerkraft oder der Zentrifugalkräfte, falls die spezifischen Massen sich wenigstens unterscheiden.

Im allgemeinen bildet eine Flüssigkeit mit oberflächenaktiven Additiven stabilere Emulsionen mit Wasser wie die reine Flüssigkeit an sich. Stabilere Emulsionen sind dadurch gekennzeichnet, daß die Wasserpartikel in der Emulsion kleiner sind, indem das Demulgieren langsamer verläuft. Einige Emulsionen sind so stabil, daß sie auch unter den günstigsten Bedingungen nicht demulgieren.

Die Oberflächenspannung zwischen Grundflüssigkeit und dem Wasser ist immer eine gute Indikation für das erreichbare Abscheidungsvermögen oder der Demulgierbarkeit des Wasser/Öl-Gemisches. Eine Oberflächenspannung größer als $3,5 \cdot 10^{-6}$ N/m deutet auf eine gute Demulgierbarkeit der Emulsion, indem ein Wert geringer als $2 \cdot 10^{-6}$ N/m anzeigt, daß die Emulsion schwer zu trennen ist. Die Oberflächenspannung eines reinen Mineralöls ist ungefähr $3,5 \cdot 10^{-6}$ N/m. Spuren von Reinigungsmittel (Detergents) lassen die Oberflächenspannung unter 2 bis zu $2,5 \cdot 10^{-6}$ N/m absinken.

Eine gleiche absinkende Wirkung haben mehrere Additive: sie werden aus bestimmten Gründen zugefügt (als Rost- und Verschleißschutzmittel) doch lassen die Oberflächenspannung absinken und haben damit eine ungünstige Wirkung auf die Wasserabscheidung. Außerdem werden wasserlösliche Oxydationsprodukte und Rostteilchen dazu beitragen die Emulsion weiter zu stabilisieren. Solche kolloidale Partikel bilden einen Kern worauf sich die beiden Flüssigkeitsteile festsetzen. Wasser in gelöstem Zustand im Öl bildet auch eine Bedrohung für das Hydrauliksystem. Indem solch eine Lösung bei höheren Temperaturen einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt wird, zum Beispiel der Luft im Ölbehälter bei Betriebstemperatur, wird sich weiter Wasser im Öl auflösen und die Sättigungsgrenze wird in wenigen Stunden erreicht. Indem das Öl später wieder abkühlt, senkt sich auch die Sättigungsgrenze und das Wasser tritt aus der Lösung heraus als freies Wasser, zuerst als ein leichter Nebel doch

schließlich als vereinzelte Tropfen. Die Löslichkeit von Wasser in Öl wird gemessen in "parts per million" (ppm) oder Gramme Wasser pro Tonne (= 1000 kg) Öl. Die Sättigungsgrenze in Hydrauliköl liegt zwischen 200 und 300 ppm. Die Löslichkeit von Wasser steigt mit zunehmender Temperatur an, sogar bis über den Kochpunkt von Wasser. Diese Tatsache widerspricht der öfters erwähnten Auffassung, daß das in der Nacht im Ölbehälter kondensierte Wasser daraus tagsüber, mit dem Öl auf Betriebstemperatur, wohl wieder verdunsten wird. Das Entwässern von Hydrauliköl kann eine schwere Aufgabe sein mit manchmal einem enttäuschenden Ergebnis. Es folgt hier ein Überblick der üblichen Methoden der Entwässerung, gefolgt von einer modernen Methode, welche auch zur praktischen Benutzung im Feld viel versprechend ist. Doch erst noch eine kurze Bemerkung bezüglich des Erkennens von Wasser in Öl. Man fülle dazu ein durchsichtiges Gefäß (ein Glas) mit dem Öl. Indem das Öl eine milchige Farbe oder einen leichten Nebel zeigt, könnte dies ein Indiz für Wasser sein (könnte aber auch von Luft hervorgerufen werden). Bei Zweifel gieße man einige Tropfen Öl in eine Schale aus Aluminiumfolie und erhitze dies mit einem Streichholz oder Feuerzeug (man schütze dabei die Augen vor Spritzern). Indem sich Wasser im Öl befindet, hört man ein knackendes Geräusch wie beim Eierbacken. Die Überprüfung einer Ölprobe im Labor wird letzten Endes entgültige Sicherheit bringen können. Ein Wassergehalt über 500 ppm (0,05%) macht das Öl unbrauchbar.

Methoden der Entwässerung.

Die geeignetste Stelle um Wasser aus der Flüssigkeit zu entfernen ist allerdings die Stelle, wo das Wasser sich eindringt. So könnte man jeglichen Schaden von Wasser am Öl und den Komponenten vorbeugen. Da das meiste Wasser normalerweise in die Anlage durch den Luftfilter auf dem Ölbehälter eindringt, benutze man Vorzugsweise einen vollkommen geschlossenen Ölbehälter mit einer Luftblase gemäß Bild 1. Der Einsatz dieses Systems ist nicht immer möglich, da eine regelmäßige und öftere Nachprüfung der guten Wirkung der Blase unbedingt notwendig ist. Doch sie läßt sich meistens nur schlecht durchführen. Eine zweite, gute Lösung ergibt den Einsatz eines Luftfilters mit Adsorptionstrockner gemäß Bild 2. Der Trockner enthält Silicagel, dessen Farbumschlag von mittelblau in hellrosa eine Anzeige dafür ist, daß das Trockenmittel ausgewechselt werden muß. Beschädigte und abgenutzte Schmutzabstreifer an Kolbenstangen und schadhaften Röhren in wassergekühlten Ölwärmeaustauschern sind auch allgemein auftretende Quellen der Verschmutzung durch Wasser und sollten

häufig nachgeprüft werden.

METHODEN DER ENTWASSERUNG	ENTFERNTES WASSER			KOSTEN		
	GELOST	EMULGIERT	FREI	NIEDRIG	MABIG	HOCH
DURCH SCHWERKRAFT	-	-	+	+	-	-
ZENTRIFUGE	-	+	+	-	-	+
ZUSAMMENBINDEN	-	-	+	-	+	-
VAKUUM	+	+	+	-	-	+
ADSORPTION	+	-	-	+	-	-
ABSORPTION	-	+	+	+	-	-

Tabelle: Vergleich der Entwässerungsmethoden für Hydrauliköl.

Es wurden verschiedene Methoden zum Entfernen des Wassers aus Mineralöl entwickelt. Einige davon sind gewissermaßen gut brauchbar, indem andere kaum zu einem Ergebnis führen. Hier folgt eine Aufzählung der üblichen Entwässerungsmethoden, siehe auch die Tabelle:

Abscheidung unter Einfluß der Schwerkraft.

Wasser, welches bei Abkühlung in der Anlage frei wird, indem Wasser in der Luft im Ölbehälter kondensiert oder sich aus der Übergesättigten Lösung von Wasser in Öl abscheidet, bildet Tropfen, welche zum Boden im Ölbehälter absinken. Dieses ist freies Wasser, welches keine Emulsion mit dem Öl bildet, solange es nicht von der Pumpe mit angesaugt wird.

Da dieses freies Wasser ist, welches von der Schwerkraft schon vom Öl getrennt wurde, könnte es einfach aus der Anlage entfernt werden mittels Ablassen über der Ablassöffnung unten im Ölbehälter. Bei Anlagen, die im Freien stehen, und daher großen Unterschieden zwischen Tag- und Nachttemperatur ausgesetzt sind, soll die Auslegung des Ölbehälters besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, damit diese Ausscheidungsmethode eine optimale und häufige Anwendung finden werden kann.

Abscheidung unter Einfluß von Zentrifugalkräften.

Bei immer größer werdenden Gravitationskräften kann sogar das Wasser, welches eine Emulsion mit dem Öl bildet, aus der Flüssigkeit ausgeschieden werden. Zentrifugale Wasserabscheider sind jedoch teuer und umfangreich.

Abscheiden durch Zusammenbinden.

Bei dieser Ausscheidungsmethode werden Wasserpartikel von der Flüssigkeit zugesetzten Wirkstoffe dazu gezwungen, sich beim Zusammenstoßen aneinander zu binden. Nachdem dieser Prozeß fortschreitet, werden die Wassertropfen immer größer, bis sie so

groß sind, daß sie sich selbst von der Grundflüssigkeit abscheiden. Die Oberflächenspannung der Grundflüssigkeit gegen Wasser bildet den hier wirksamen Abscheidungsmechanismus.

Diese Abscheidungsmethode wird schon seit Jahren benutzt, um freies Wasser und dessen Emulsionen aus Flugzeugtreibstoffen zu entfernen, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einer der oben erwähnten Abscheidungsmethoden. Die Anziehungskräfte, welche eine Rolle spielen in Emulsionen aus Hydrauliköl und Wasser, sind aber normalerweise so groß, daß das Zusammenbinden hier nicht sehr wirksam ist. Darüberhinaus wird diese Methode ungünstig von kolloidalen Additiven wie Rostschutzmittel beeinflusst.

Entwässern unter Vakuum.

Entwässern unter Vakuum wird allgemein angewandt zum Entfernen von Wasser in gelöster und freier Form und dessen Emulsion mit mineralem Hydrauliköl. Dabei wird das Öl über eine möglichst große Oberfläche, zum Beispiel indem das Öl in einen dünnen Film über eine poröse Masse geführt wird, durch eine Vakuumkammer geführt.

Der Wasserdampf wird von der Vakuumpumpe aus der Kammer herausgepumpt und das Wasser versammelt sich im Kondensator oder verschwindet in der Außenluft. Die wichtigsten Nachteile dieser Methode sind die große Anlage und die hohen Kosten.

Adsorption von Trockenmitteln.

Trockenmittel, wie aktiviertes Aluminium und Kieselgur, werden allgemein zum entfernen von Wasser aus mineralem Hydrauliköl eingesetzt. Obschon diese Trockenmittel sehr wirksam sind, können sie zu wenig Wasser aufnehmen, um erfolgreich freies Wasser oder emulgiertes Wasser aus Hydrauliköl zu entfernen.

Neuartige Wasserfilter.

Ein neues wasserabsorbierendes Polymer, welches ursprünglich entwickelt wurde für die Landwirtschaft in Trockengebieten, zeigt hervorragende Eigenschaften zum Entfernen von Wasser aus Hydrauliköl vor. Mehrere große Filterhersteller haben Produkte auf den Markt gebracht, in denen eine oder mehrere Abarten dieses Polymers unmittelbar in der Filtermasse eingearbeitet sind. Der wichtigste Vorteil dabei ist, daß Filterelemente mit Standardabmessungen benutzt werden können, um sowohl Schmutz wie Wasser aus dem Hydrauliköl zu entfernen, siehe Bild 3. Ein derartiger (Aufschraub)Filter könnte einen unter Umständen schon vorliegenden Rückführfilter komplett ersetzen.

Das Polymer besteht aus vernetzten, Stärkeartigen Molekülen (das Rohmaterial ist Mais), welches zu einem grobkörnigen Pulver raffiniert wird. Das Polymer kann, in Abhängigkeit der Sauberkeit des Wassers, etwa

100 Mal das Eigengewicht an Wasser absorbieren. Während der Herstellung des Filters bindet das Polymer sich mit den Fasern der Filtermasse aus Glasfasern, siehe Bild 4. Die zweite Stufe besteht aus einer reinen Filtermasse zur Filtration der mechanischen Schmutzpartikel und zur Vorbeugung des Ausspülens des Polymers. Das mit Wasser verseuchte Öl strömt zuerst durch die erste Stufe, der Polymer reagiert mit dem Wasser und wandelt sich in ein Gel um. Dieses bindet das Wasser in der Filtermasse fest, indem das Öl es unbehindert durchströmen kann. Je nachdem mehr Wasser absorbiert wird, wachsen die Gel-teilchen, wobei die Gelmasse sich ausdehnt. Schließlich behindert das angeschwollene Gel die Durchströmung und es entsteht ein Anstieg des Druckgefälles des Filters, Bild 5, und gibt damit ein Signal ab, daß das Filterelement ausgewechselt werden muß. Ein Anschraubfilterelement mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Länge von 450 mm könnte mehr als einen Liter Wasser aufnehmen. Dabei dient allerdings bemerkt zu werden, daß diese Wasserfilter einen höheren Druckabfall aufweisen wie gleich große Filter, welche nur feste Schmutzpartikel ausscheiden.

Die Nutzen eines einfachen Filters, welcher sowohl Wasser wie feste Schmutzpartikel ausscheidet, liegen auf der Hand. Der wichtigste ist wohl, daß das Wasser unmittelbar, direkt nach dem Eindringen, aus dem Öl ausgeschieden wird, bevor es überhaupt der Flüssigkeit und den Komponenten schaden kann. Der Einsatz und die Handhabung solcher Filter ist denkbar einfach, ohne Beeinträchtigung der Fähigkeit üblicher Filter, feste Schmutzpartikel aus zu scheiden.

Schlußbetrachtungen.

Das Aufrechterhalten einer bestimmten, gewünschten Reinheitsklasse in einer Hydraulikanlage ist im günstigsten Falle eine schwere Aufgabe. Es ist dabei bekannt, daß eingedrungenes Wasser das Problem der Aufrechterhaltung der gewünschten Reinheitsklasse ernstlich erschwert. Der Betreiber einer Hydraulikanlage soll darum die modernsten Mittel zur Beherrschung der Verschmutzung anwenden, damit die Lebensdauer und die Zuverlässigkeit der Geräte bis zum Maximum hinaufgetrieben werden können.

Bild 1. Beispiele vollkommen geschlossener Ölbehälter. Das dunkel angezeigte Ölvolumen wird zwischen der Anlage und der Blase ausgetauscht.

A. Innere Blase, praktisch sehr schwer zu überwachen.

- B. Äußere Blase, einfach zu überwachen,
jedoch teuer.

Bild 2. Luftfilter mit -trockner. Die eintretende Luft passiert zuerst den Trockner und dann den Filter. Die austretende Luft verschwindet unmittelbar durch das Auslaßrückschlagventil in die Außenluft. Das Einlaßrückschlagventil verhindert, daß der Trockner bei Stillstand von der Feuchtigkeit der Umgebungsluft beaufschlagt wird. Das Foto zeigt eine kleine Ausführung (Anschluß $R1\frac{1}{2}$ ").

Bild 3. Beispiele der Wasserfilter. Die Aufschraubfilter und die Filterelemente sind mit den üblichen Schmutzpartikelfiltern auswechselbar.

Bild 4. Schnitt der Filterschichten eines Wasserfilters.

Bild 5. Verlauf des Druckabfalls eines Wasserfilters bei zunehmender Wasseraufnahme.

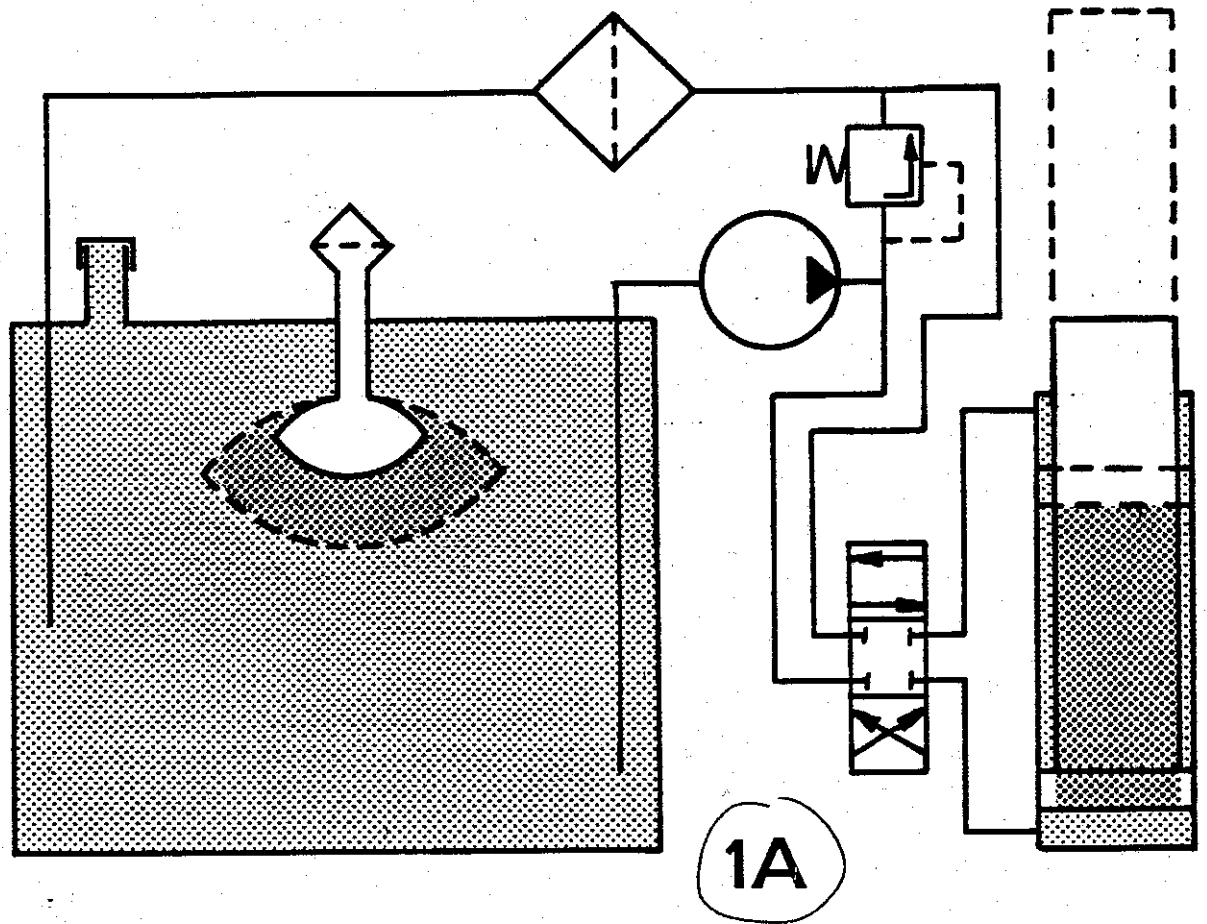


Bild 1A

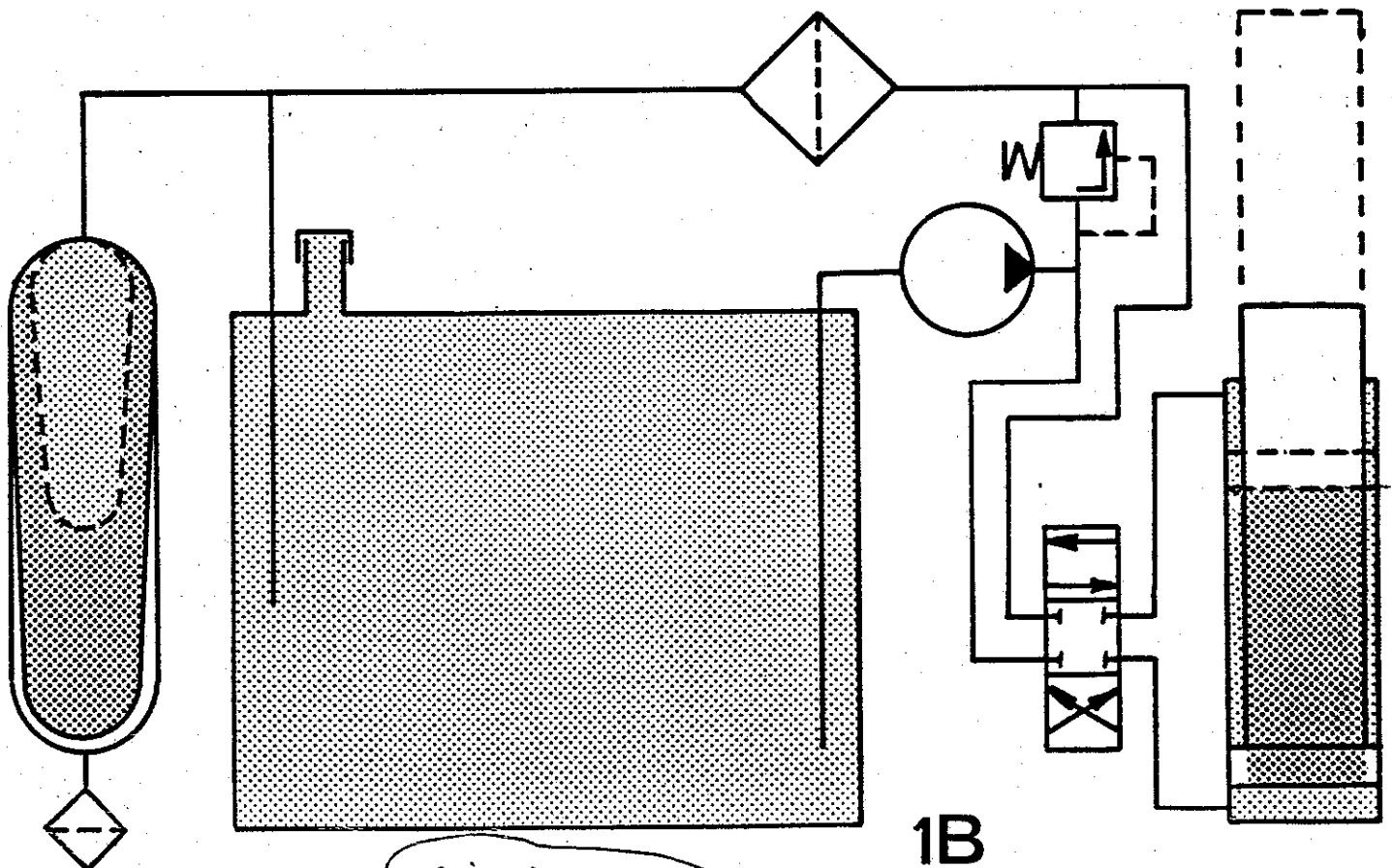
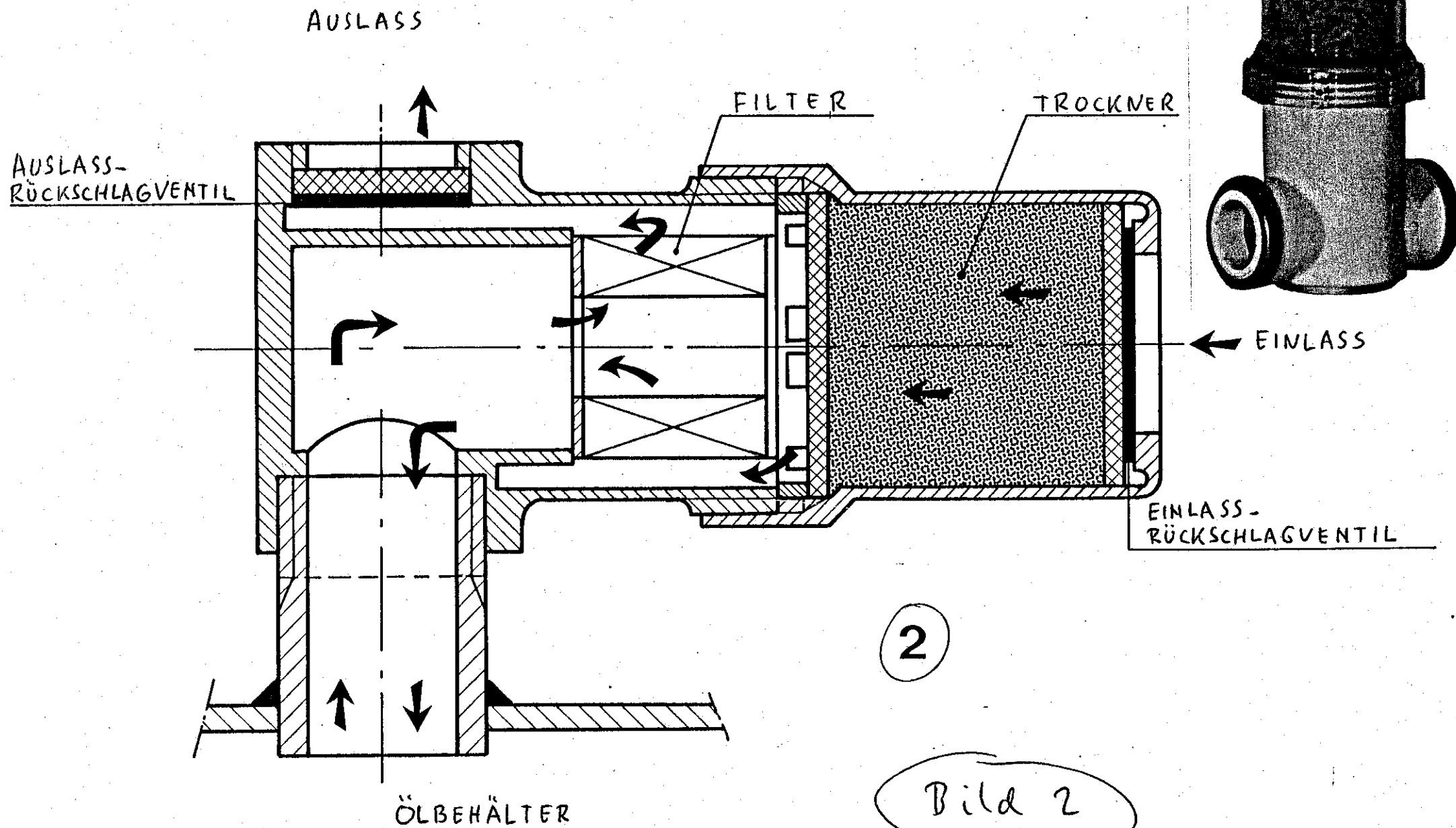


Bild 1B



2

Bild 2

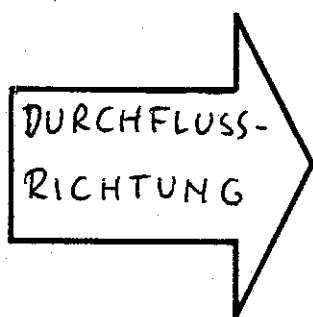
water filters/
aggregates
③ ② ③

The author will send a
Figure ③ ② ③

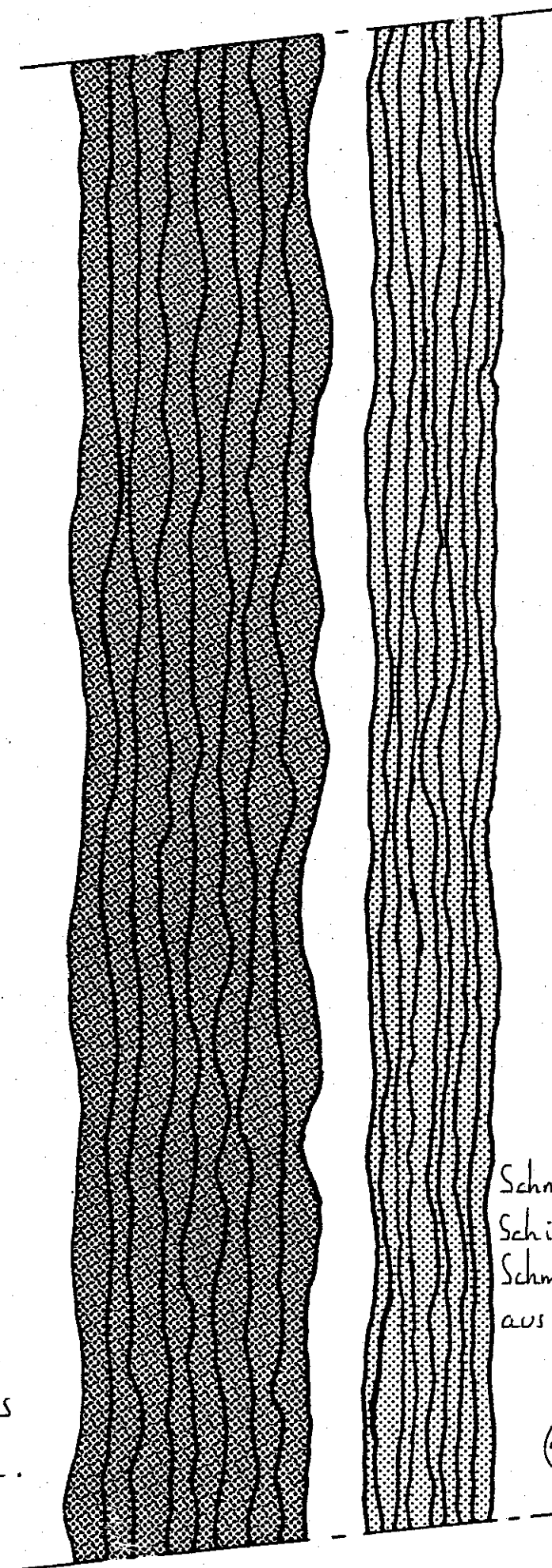


New filters employ a super absorbent polymer to remove both water and dirt from hydraulic fluids.

B I L O 3.



Wasserabsorbierender Schicht, schwellt an indem das Wasser aus dem ÖL entfernt wird.



Schmutzfiltrierender Schicht entfernt die Schmutzpartikel aus dem ÖL.

4

BILD 4

FILTERDRUCKABFALL
IN BAR.

