

# Hydraulikflüssigkeiten und deren problematische Vermischungen

Stefan Milterer<sup>1</sup>

**Hydrauliköle machen über 10% des gesamten Schmierstoffverbrauchs aus und liegen damit an zweiter Stelle hinter den Motorenölen mit 40%. Sie werden zur Übertragung von Kräften und Bewegungen mit Füllmengen von oft vielen 100 Litern und Ölwechselintervallen von mehreren 1.000 Betriebsstunden eingesetzt. Im Wesentlichen sind sie zu finden in Bau- und Landmaschinen, Spritzgießmaschinen, hydraulischen Pressen, Turbinen-Regelanlagen, Aufzügen, Flugzeugen, Verlademaschinen und in vielen anderen Industrieanlagen. Sie alle sind auf den Einsatz leistungsfähiger Hydrauliköle angewiesen. Werden Hydraulikfluids miteinander vermischt, kann es allerdings problematisch werden ...**

Die Aufgaben der Hydraulikfluids sind vielfältig:

- ▶ Übertragung von Kräften und Bewegungen
- ▶ Steuerungsfunktionen
- ▶ Schmierung beweglicher Elemente, inklusive Verschleißschutz und Reibungsminderung
- ▶ Schutz vor Korrosion
- ▶ Kühlung (Temperaturen > 100 °C möglich)
- ▶ Dämpfung von Schwingungen

Mit der Optimierung der Hydrauliksysteme steigen auch die Anforderungen an die Hydraulikfluids. Die Systeme werden immer kompakter und für geringere Ölmengen konzipiert. Das Öl verweilt somit kürzer im Ölbehälter und hat weniger Zeit, sich auf die für Mineralöle ideale Temperatur von unter 60 °C abzukühlen. Bei einer um 10 °C höheren Temperatur halbiert sich aber aufgrund der verstärkten Oxidationsneigung von Mineralölen die Ölstandzeit. Ein mineralölbasisches Hydrauliköl, das bei 60 °C nach 10.000 Bh gewechselt wird, muss bei 80 °C wegen Oxidation bereits nach ca. 2.500 Bh ausgetauscht werden. Die Oxidations- bzw. Alterungsstabilität der Öle rückt damit immer stärker in den Vordergrund. Zu den erhöhten Temperaturen kommt es nicht nur, weil die Ölmengen kleiner werden, sondern auch,

weil die Drücke ansteigen. Wurde noch vor wenigen Jahren das Öl mit 400 bar Druck zu den Hydromotoren und Hydraulikzylindern gefördert, werden heute nicht selten Drücke von über 600 bar erreicht. Mit verbesserten Grundölen und einer entsprechenden Additivierung meistern moderne Hydraulikfluids die höheren Temperaturanforderungen sowie die gestiegenen mechanischen Belastungen und tragen entscheidend zu einer permanenten Verfügbarkeit der Anlagen bei. Oft können die hohen Anforderungen nur mit synthetischen Mehrbereichshydraulikölen beherrscht werden, weil diese besser für den Langzeiteinsatz geeignet sind. Die Vorteile der Syntheseöle gegenüber herkömmlichen Mineralölen können auch mit der Ölanalytik eindeutig nachgewiesen werden.

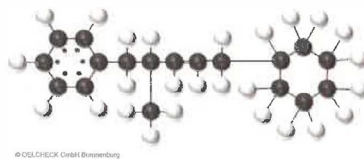


Abbildung 1: Mineralöl – Chemische Struktur

## Vorteile von Syntheseölen

Bis zur Jahrtausendwende wurden überwiegend einfach raffinierte, gering additivierte Hydrauliköle auf Mineralölbasis verwendet. Sie waren vor allem kostengünstig. Heute werden an mineralölbasischen Hydraulikfluids meist nur noch Öle des Typs HLP eingesetzt. Ihre Grundöle sind oxidationsstabile Hydro-Crack-Produkte (CH) aus der Hydrierung, einer Wasserstoffbehandlung in der Raffinerie. Die zugesetzten Extreme Pressure (EP)- und Verschleißschutz (AW)-Wirkstoffe enthalten meist eine Kombination von Zink, Phosphor und Schwefel.

Neben den immer noch recht kostengünstigen Hydro-Crack-Ölen werden heute vollsynthetisch hergestellte Flüssigkeiten eingesetzt. Sie enthalten als Grundöle Poly-Alpha-Olefine (PAO), gesättigte oder ungesättigte Esteröle oder Polyglykole (PAG).

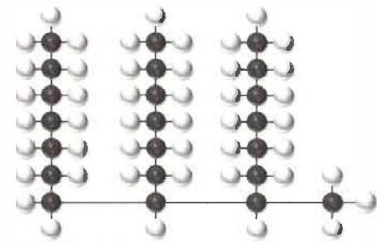


Abbildung 2: Syntheseöl – Chemische Struktur

Reine Syntheseöle können weitaus länger im Einsatz bleiben als die früher verwendeten Produkte. Ihre Molekülstruktur weist bei höheren Betriebstemperaturen eine geringere Reaktionsfreudigkeit mit Sauerstoff auf. Außerdem enthalten diese Öle zur weiteren Verbesserung der Standzeiten noch moderne Antioxidantien auf der Basis von Phenolen, Aminen oder Salizilaten. Synthetische Grundöle bieten den Vorteil eines besseren Viskositäts-Temperatur-Verhaltens (VT).

Bei niedrigen Temperaturen sind diese Öle dünner, bei höheren Temperaturen dicker als herkömmliche Mineralöle. Mit ihnen befüllte Hydrauliken lassen sich leichter starten und weisen bei hohen Temperaturen geringere Energieverluste auf. Aufgrund des natürlichen Viskositätsindex (VI) von bis zu über 200 anstelle von 95 kann auf die Zugabe von Mehrbereichsadditiven verzichtet werden, denn diese können als nicht scherstabile Zusätze Reaktionsprodukte bilden. Diese verursachen wiederum Ablagerungen und führen zu Filtrationsproblemen.

Syntheseöle minimieren also das Risiko von Ablagerungen und sorgen für eine bessere Filtrierbarkeit. Der konstant hohe VI verbessert das Kaltstartverhalten, sichert eine stabile Viskositätslage über einen weiten Temperaturbereich und vereinfacht die Steuerung. Strömungs- und Planschverluste verringern sich.

Nachteile der Syntheseöle sind ein bis zu zehnmals höherer Preis, eine

<sup>1</sup>) Leiter Service&Vertrieb Oelcheck GmbH

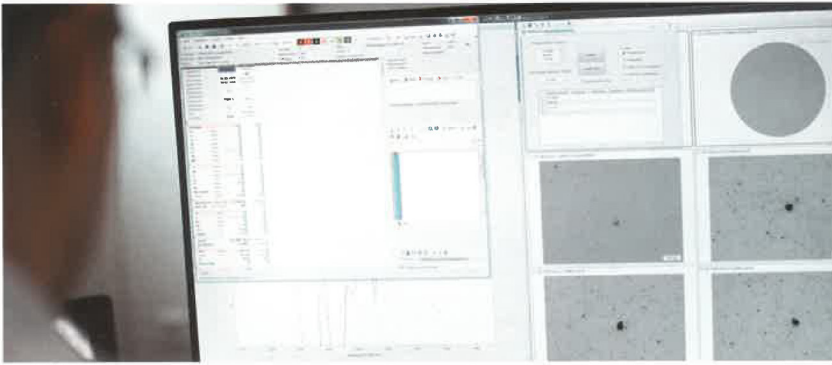


Abbildung 3: Tribologen in Deutschland erstellen den Laborbericht

schlechtere Verträglichkeit miteinander sowie ein problematisches Verhalten gegenüber Dichtungen, Schläuchen oder Anstrichen.

### Vermischung von Hydraulikölen

Schmierstoffe sind zwar meist gut miteinander mischbar (Ausnahme PAGs) – besonders, wenn sie die gleiche Nennviskosität haben und für den gleichen Verwendungszweck konzipiert sind – aber nicht immer auch miteinander verträglich. Insbesondere, wenn zinkfreie und zinkhaltige HLP-Mineralöle, PAO- oder Ester-Syntheseöle mit Mineralölen oder mit Syntheseölen anderer Hersteller gemischt werden, können wesentliche Eigenschaften wie das Luft- oder Wasserabscheidevermögen, das Schaumverhalten, die Filtrierbarkeit oder die Dichtungsverträglichkeit verschlechtert werden. Eine Vermischung verschiedener Hydraulikflüssigkeiten lässt sich, wie es z.B. bei Baumaschinen durch den Austausch unterschiedlicher Anbaugeräte täglich geschieht, nicht immer vermeiden. Treten nach dem Rückbau oder nach einem Ölwechsel Störungen auf, stellt sich oft die Frage nach der Verträglichkeit (Kompatibilität) zweier Hydraulikflüssigkeiten. Tribologen können die Ursache leichter beurteilen, wenn sie über folgende Informationen verfügen:

- ▶ genaue Ölbezeichnung mit Angabe der Basisölytypen und der Additivierung
- ▶ Arbeitstemperaturen und -drücke
- ▶ Maschinenbezeichnung und deren eingesetzte Komponenten
- ▶ Einsatzzeiten der Flüssigkeiten

Meist kann schon über eine Standard-Analyse, die mittels eines Analysensets

2 oder 4 erfolgt, ein Hinweis auf die Ursache für die Probleme gegeben werden. Aber manchmal ist die Durchführung einer expliziten Verträglichkeitsanalyse erforderlich.

Dazu benötigt das Labor fünf Proben (jeweils 1 Liter): je eine Frischölprobe der beiden verwendeten Hydraulikflüssigkeiten sowie drei Mischungen im Verhältnis von 50:50, 95:5, 5:95. Auf dem Probenbegleitschein muss „Verträglichkeitsuntersuchung“ vermerkt sein. Im Labor werden zunächst Untersuchungen wie für das Analysenset 2 durchgeführt.

Zusätzlich werden das Luftabscheidevermögen, das Schaumverhalten, das Wasserabscheidevermögen und der Wassergehalt bestimmt. Anschließend beurteilen die erfahrenen Tribologen, ob sich die Öle miteinander vertragen bzw. welche Probleme zu erwarten sind.

### Überprüfung von Hydraulikflüssigkeiten und deren Verträglichkeit

Das Analysenset 2 wird in der Regel für die Routineüberwachung von mineralölbasischen Hydraulikölen aus Anlagen mit Füllmengen bis ca. 1.000 Liter empfohlen. Zur Beurteilung größerer Ölfüllungen oder bei der Verwendung von Syntheseölen sollte das Analysenset 4 eingesetzt werden, mit dem zusätzlich – zu den nachstehenden Analysenwerten – der exakte Wassergehalt in ppm und der Säureanteil als AN bestimmt werden.

#### Der Analysenumfang des Set 4 beinhaltet:

- ▶ Verschleißmetalle: Eisen, Chrom, Zinn, Aluminium, Nickel, Kupfer, Blei, Mangan
- ▶ Magnetisierbares Eisen: PQ-Index

- ▶ Additive: Zink, Phosphor, Schwefel, Silizium (Antischaum), Kalzium, Magnesium, Barium, Bor, Molybdän
- ▶ Verunreinigungen: Silizium (Staub), Kalium, Natrium, Lithium (Schmierfett), Wasser (über 0,1% gemessen mit IR-Spektroskopie und mittels einer „Spratzprobe“)
- ▶ Ölzustand: Viskosität bei 40 °C und 100 °C, Viskositätsindex, Oxidation mittels FT-IR, Geruch und optischer Eindruck (Diseleffekt)
- ▶ Ölreinheit: Reinheitsklasse nach ISO 4406 (Partikel >4 µ, 10µ und 14 µ).

Mit zusätzlichen „Einzeltests“ (Achtung: hierfür wird eine größere Ölmenge benötigt) lässt sich die Verträglichkeit noch besser beurteilen. Letztendlich ist aber immer eine genaue Beobachtung der Anlage entscheidend, da mit einer Laboranalyse die tatsächlichen Gegebenheiten nicht im Detail nachgestellt werden können.

### Luftabscheidevermögen (LAV)

Jedes Öl enthält Luft – frische Hydrauliköle etwa 9 Vol. %. Wie viel Luft ein Öl aufnehmen kann, wird u.a. durch die Öltemperatur, den Ölytyp, die Viskosität, den Druck im System, die Additivierung oder eine Vermischung beeinflusst. Die gelöste Luft an sich verursacht in der Regel keine Betriebsstörungen. Aber ein im Vergleich zum Frischöl durch Verunreinigungen und Oxidationsprodukte erhöhtes Luftaufnahmevermögen kann Anlass für massive Probleme sein. Ein erhöhter Anteil von ungelöster Luft in Form von meist optisch sichtbaren Luftbläschen kann



© OELCHECK GmbH Brannenburg

Abbildung 4: Kavitationsschäden an einer hydraulischen Zahnradpumpe





Abbildung 5: links: frisches Hydrauliköl, rechts: nach „Dieseleffekt“

zum „Federn“ der Ölfüllung führen. Ein exaktes Steuern und Positionieren ist dann nicht mehr möglich. Im Bereich der Hydraulikpumpe, dem Bauteil mit der höchsten Temperatur im Kreislauf, wird vermehrt ungelöste Luft abgeschieden. Dabei kann es durch Implosion zur Kavitation und damit zu einem kreisrunden Materialabtrag an den Bauteilen von Hydraulikpumpen oder Hydromotoren kommen.

Außerdem können die sauerstoffhaltigen Luftbläschen auch den „Dieseleffekt“ verursachen, der im fortgeschrittenen Stadium oft durch eine Dunkelfärbung des Öls durch Kohlenstoffpartikel (Ruß) auffällt.

Dieser Effekt entsteht, wenn der Sauerstoff, der in den überschüssigen Luftbläschen vorhanden ist, mit den umgebenden Kohlenwasserstoffen des Öls so stark komprimiert wird, dass eine Selbstentzündung dieses Gemischs auftritt. Wegen des relativ kleinen Sauerstoffgehalts kommt es zu einer unvollkommenen Verbrennung mit der Bildung von Rußpartikeln wie in einem Dieselmotor. Dadurch entstehen im Öl schwarze Partikelchen, die auch im Filter gefunden werden können. Das Luftabgabeverhalten kann übrigens nicht mit Additiven verbessert, sondern nur verschlechtert werden.



© OELCHECK GmbH Brannenburg

Abbildung 6: Oberflächenschaum in einem Getriebe

## Schaumverhalten

Schaum entsteht an der Oberfläche von Ölfüllungen, wenn sich Luftbläschen von wenigen  $\mu$  bis zu 1 mm Größe aus dem Inneren einer Öltankfüllung abscheiden, an die Öloberfläche aufschwimmen und dort nicht sofort zerplatzen oder zerfallen. Sie formen dann eine stabile Schaumschicht an der Öloberfläche. Die Schaumbildung wird beeinflusst durch die Oberflächenspannung des Öls, die Betriebstemperatur und deren Auswirkungen auf die Viskosität sowie die Art des Lufteintrags. Vermischungen unterschiedlich aufgebaute Öle, Verunreinigungen oder auch Öloxidation können ein Öl stärker schäumen lassen. Häufig wird die Mischbarkeit von Ölen bestätigt. Aber nicht immer sind Öle wirklich miteinander „verträglich“. Wenn ein Öl auf PAO-Basis-Ester mit einem detergierenden HLP-Hydrauliköl, oder ein Bioöl auf der Basis gesättigter Ester mit einem ungesättigten Ester vermischt wird, ändert sich die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten. Auch unterschiedlich formulierte Öle, bei denen die Schaumneigung durch die Zugabe silikonhaltiger Additive verbessert wurde, können bei einer Vermischung das Schaumverhalten so verändern, dass der Schaum aus allen möglichen Öffnungen quillt.

Eine bis zu 5 cm hohe Schaumschicht ist für die meisten Anlagen unproblematisch. Schwierig wird es aber, wenn ein plötzlicher Anstieg der Schaumneigung festgestellt wird. Der Oberflächenschaum kann dann als Teppich wie ein Isolator die Wärmeabfuhr beeinträchtigen oder aus Systemöffnungen quellen. Neben einer Umweltbelastung kann der dadurch bedingte Ölverlust zur Mangelschmierung führen.

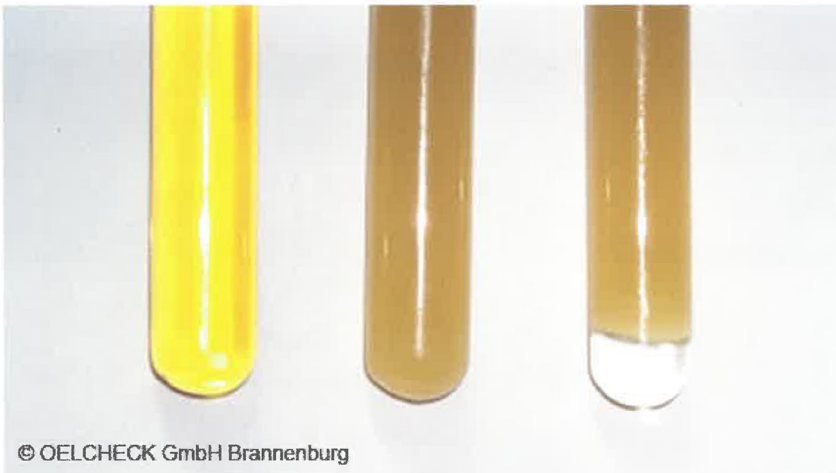
Mit je mehr EP- und AW-Wirkstoffen ein Öl additiviert ist, desto größer ist seine Neigung, Oberflächenschaum zu bilden. Antischaumzusätze, die meist auf Silikonbasis aufgebaut sind, werden den Ölen bereits bei der Herstellung zugegeben. Bei der Vermischung unterschiedlich additiverter Öle ist besonders bei deutlich unterschiedlichem Siliziumgehalt Vorsicht geboten. Auch wenn die Öle für die gleiche Anwendung freigegeben sind oder die gleiche Spezifikation erfüllen, heißt das nicht, dass sie beim Vermischen das gleiche Schaumverhalten aufweisen. Auch wenn ein niedrig additiviertes Öl mit einem Öl vermischt wird, das viele Zusätze enthält, führt dies oft zu vermehrter Schaumbildung.

In Einzelfällen kann das Problem durch Zugabe eines vom Ölhersteller zur Verfügung gestellten Anti-Schaum-Additivs behoben werden. Meist müssen die Tribologen aber dringend zu einem kompletten Ölwechsel raten.

## Wasserabscheidevermögen (WAV)

Die Verunreinigung eines Hydrauliköls durch Wasser ist eine der häufigsten Schadensursachen. Wasser, das als Kondensat, bei Regen oder beim Reinigen der Anlagen mit Hochdruckreinigern in das Hydrauliksystem gelangen kann, beschleunigt die Bildung von Korrosion und Kavitation. Üblicherweise separiert sich Wasser aufgrund seiner starken Polarität und der deutlich unterschiedlichen Dichte schnell vom Öl. Die Trennung kann aber durch Additive und Verunreinigungen beeinträchtigt werden. Zu viel Wasser, bei Hydrauliken über 500 ppm, sollte sich schnell vom Öl trennen, damit es an der tiefsten Stelle des Tanks abgezogen werden kann und nicht am Ölumlaufl teilnimmt.

Die Hydraulikölnorm spezifiziert für HLP-Hydrauliköle ein Wasserabscheidevermögen von max. 30 Minuten. Mit mo-



© OELCHECK GmbH Brannenburg

Abbildung 7: Hydrauliköl mit unterschiedlichen Wasseranteilen. Links: Frischöl, Wassergehalt 250 ppm. Mitte: Wassergehalt 1 500 ppm – deutliche Trübung des Öls. Rechts: Wassergehalt 30 000 ppm (3 %) – ein Teil des Wassers hat sich bereits abgesetzt.



© OELCHECK GmbH Brannenburg

Abbildung 8: Hydrauliköl mit emulgiertem Wasser

deren Wasserabscheidern lässt sich das Wasser dann aus einem Hydrauliktank so entfernen, dass keine der befürchteten Schäden auftreten.

Doch für Hydrauliköle, die in Bau- oder Landmaschinen eingesetzt werden, kann auch ein gegenteiliger Effekt erwünscht sein. In diesen Maschinen sollen die Öle nicht als demulgierende Flüssigkeiten das Wasser schnell absetzen, sondern dispergierend und detergierend (HLP-D-Öle) sein. Sie müssen die bei der Bewegung von Hydraulikzylindern eingedrungene Feuchtigkeit feinstverteilt neutralisieren und in Schwebe halten.

### Filterierbarkeit

Neben Wasser sind harte Verunreinigungen in Form von Staub oder Verschleißpartikeln die häufigste Ausfallursache bei Hydraulikanlagen. Folglich kommen Hydrauliksysteme nicht ohne Filter aus. Diese sichern die Leistungsfähigkeit des gesamten Systems und ermöglichen eine möglichst lange Lebensdauer von Komponenten und Öl. Moderne Hydraulikflüssigkeiten müssen gut filterierbar sein. Die mittlere Porenweite der Filtermedien lag früher bei 10 bis 20  $\mu$ . Heute werden diese Anlagen mit Filtern mit einer Porenweite von 3 bis 12  $\mu$  ausgerüstet.

Die Laborangaben zur Filterierbarkeit eines Öls beschreiben sein Verhalten beim Durchfließen eines Filters. Wenn nach Öl- oder Filterwechseln zu kurze Filterstandzeiten bemerkt werden, sollten die Testergebnisse vom Gebrauchtöl mit denen des Frischöls ver-

glichen werden. Oft zeigen sich in der Praxis und auch im Labortest beim Öl, das die Probleme verursacht, schon dunkle, klebrige Ablagerungen auf dem Filtermedium oder eine schlechte Ölreinheit. Die Ursache kann z.B. in einer unterschiedlichen Additivierung oder den verschiedenen Grundölen der vermischten Öltypen liegen. Letztendlich gibt die Untersuchung der Filterierbarkeit Aufschluss darüber, wodurch die schlechte Filterierbarkeit und die kurze Filterstandzeit bedingt sind

### Fazit

Hydraulikflüssigkeiten sind miteinander mischbar – mit Ausnahme der Hydraulikflüssigkeiten auf PAG-Basis. Aber

ob die Öle, für die vom Hersteller eine Mischbarkeitserklärung abgegeben wird, auch miteinander verträglich sind, kann nur eine ausführliche Untersuchung im Labor feststellen. Neben der Additivierung und dem Grundöl müssen dazu auch Eigenschaften wie das Schaumverhalten, Luft- und Wasserabscheidevermögen sowie die Filterierbarkeit betrachtet werden. Wenn erst eine Störung an der Hydraulikanlage auftritt, die durch eine Vermischung von miteinander unverträglichen Ölen bedingt ist, hilft in der Regel nur noch ein Ölwechsel.

Fotos: Oelcheck GmbH Brannenburg



Abbildung 9: Oelcheck-Mitarbeiter im Labor