

Bernhard Widmann, Leonhard Maier, Freising, Eberhard Zeitler, München sowie Wolfgang Gaede und Friedrich Ruhe, Hamburg

Bewährungsprobe bestanden

Technische Tauglichkeit von Hydraulikölen auf Rapsölbasis in Landmaschinen – Ergebnisse eines sechsjährigen Feldversuchs

Um die Eignung von Hydraulikölen auf Rapsölbasis in Landmaschinen zu untersuchen, wurde ein Feldversuch durchgeführt, bei dem alle Fahrzeuge im Zeitraum von fünfeneinhalb Jahren über insgesamt 35 000 Betriebsstunden mit dem Hydrauliköl auf Rapsölbasis ohne technische Probleme betrieben werden konnten. Die Temperatur im Hydrauliksystem lag nur bei wenigen Maschinentypen in Zeitanteilen von maximal 36 % über dem kritischen Wert von 80 °C. Die begleitenden Analysen zeigten dabei während des Versuchszeitraumes keine auffälligen Befunde.

In Deutschland werden jährlich rund 145 000 t Hydrauliköl benötigt. Nach Schätzungen gelangen zwischen 10 000 und 40 000 t Hydrauliköle durch Leckagen in die Umwelt. Neben meldepflichtigen Ölunfällen, wie etwa Schlauchplatzen, bei denen bei Baumaschinen bis zu mehreren hundert Litern Hydraulikflüssigkeit austreten können, sind es vor allem unvermeidbare Leckagen an Steuergeräten, Hydraulikzylindern, Leitungsverbindungen und anderen Bauteilen, die für die Ölverluste verantwortlich sind.

Aufgrund ihrer geringen biologischen Abbaubarkeit und ihrer hohen Ökotoxizität tragen die konventionellen Hydrauliköle auf Mineralölbasis zur Belastung der Umwelt bei. Bessere Umweltverträglichkeit weisen biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeiten auf, die auf Pflanzenölbasis, auf Basis synthetischer Ester oder aus Polyalkylenglykolen hergestellt werden können.

Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz solcher Hydrauliköle ist jedoch deren technische Tauglichkeit unter den in der Praxis herrschenden Bedingungen über den gesamten Öleinsatzzeit-

raum. Hydraulikflüssigkeiten auf der Basis pflanzlicher Öle sind in ihrer Oxidationsstabilität begrenzt. Vor allem bei Betriebstemperaturen von über 80 °C gelten diese Öle als wenig stabil. Um eine Aussage über die Eignung von Hydraulikflüssigkeiten auf Rapsölbasis in Landmaschinen zu ermöglichen, wurde im Zeitraum von Juni 1990 bis November 1995 ein Feldversuch auf dem Staatsgut Achselwang durchgeführt. Ziel war es, in verschiedenen Landmaschinentypen die thermische Belastung eines marktüblichen Hydrauliköles auf Rapsölbasis sowie dessen Eignung durch die regelmäßige Überprüfung der Ölkennwerte und wichtiger Inhaltsstoffe zu untersuchen.

Spezielles Meßsystem entwickelt

Im Juni 1990 wurden alle Traktoren, Selbstfahrer und Anhänger- oder Anbaugeräte auf das Hydrauliköl Esso PFL EGL 45911 umgestellt, das auf der Basis von Rapsöl formuliert ist. Die Fahrzeuge dreier Nebenbetriebe wurden im Juni 1993 ebenfalls mit diesem Hydrauliköl befüllt. Bei allen Maschinen des Hauptbetriebes wurden regelmäßig Ölproben gezogen. Diese wurden in betriebswarmem Zustand aus der laufenden Hydraulikanlage entnommen und wie das Frischöl auf folgende Merkmale untersucht:

- Aussehen
- kinematische Viskosität bei 40 °C
- Neutralisationszahl
- Ungelöste Stoffe
- Aluminium-Gehalt
- Eisen-Gehalt

- Kupfer-Gehalt
- Schwefel-Gehalt
- Wasser-Gehalt

Die Analysen an den insgesamt 135 Proben nahm in Eigenleistung das Labor der Esso AG, Hamburg, vor.

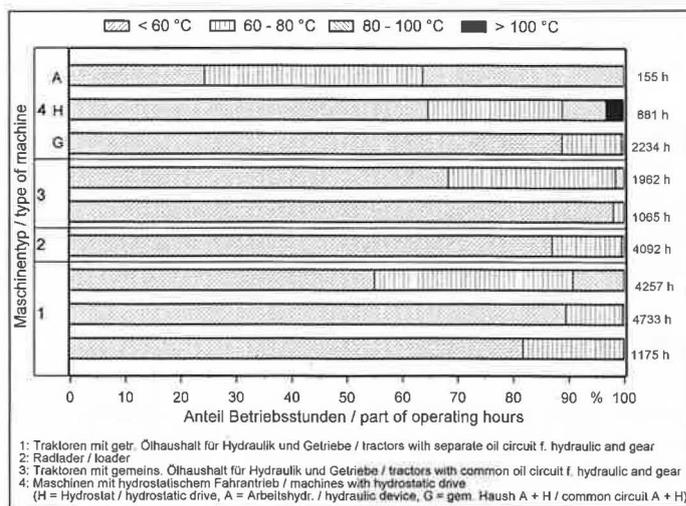
Zur Ermittlung der Temperaturbelastung des Hydrauliköles wurden aus dem Fuhrpark des Hauptbetriebes acht Fahrzeuge ausgewählt, die erwartungsgemäß am stärksten belastet werden. Es handelte sich um drei Traktoren mit getrenntem und zwei Traktoren mit gemeinsamem Ölhaushalt für Hydraulik und Getriebe, einen Radlader sowie einen Selbstfahrer-Feldhäcksler und einen Hoftraktor mit jeweils hydrostatischem Fahrtrieb. Diese Fahrzeuge wurden mit einem Temperaturerfassungssystem ausgestattet, das an der Landtechnik Weihenstephan entwickelt wurde. Es liefert eine Klassifizierung der Hydrauliköltemperatur nach zeitlichen Anteilen der Betriebsstunden. Das Gerät wird über das Bordnetz der Maschine betrieben und ist nur dann eingeschaltet, wenn das Fahrzeug in Betrieb ist. Ein Betriebsstundenzähler (Horameter) zeichnet dabei die jeweilige Laufzeit der Maschine auf. Der Temperaturfühler des Temperaturklassiergerätes wurde nach Absprache mit den Herstellern an einer repräsentativen Stelle des Hydrauliksystems, möglichst jener der maximalen Temperatur angebracht. Jeweils bei Überschreiten von 60 °C, 80 °C und 100 °C wurde ein weiterer Betriebsstundenzähler angesteuert. Aus den Ständen der insgesamt vier Betriebsstundenzähler

Dr. Bernhard Widmann ist Leiter der Arbeitsgruppe Pflanzenöle, Leonhard Maier Mitarbeiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising. Eberhard Zeitler, Dr. Wolfgang Gaede und Dr. Friedrich Ruhe sind Mitarbeiter der Esso AG.

Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert und von der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Zusammenarbeit mit der Esso AG durchgeführt und wissenschaftlich betreut.

Bild 1: Temperatur des Hydrauliköls „Esso PFL EGL 45911“ in verschiedenen Landmaschinentypen als Betriebsstundenanteile in Temperaturklassen (Zeitraum: Juni 1990 bis November 1995)

Fig. 1: Temperature of hydraulic oil „Esso PFL EGL 45911“ in different types of farm machines, plotted as parts of working hours in classes of temperature (period: June 1990 till– November 1995)



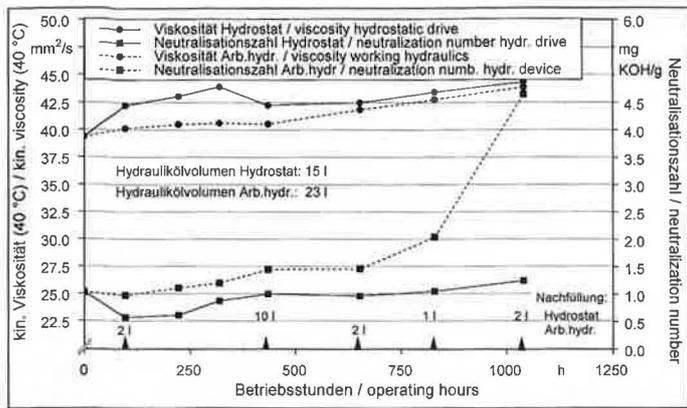


Bild 2: Eigenschaften des Hydrauliköls „Esso PFL EGL 45911“ in einem Selbstfahrer-Feldhäcksler während 1040 Betriebsstunden (Zeitraum: Juni 1990 bis November 1995)

Fig. 2: Properties of hydraulic oil „Esso PFL EGL 45911“ in a SP-forage harvester during 1040 working hours (period: June 1990 till November 1995)

lassen sich die zeitlichen Anteile in den Temperaturklassen ermitteln. Die Zahlenwerte wurden täglich vom Betriebspersonal zusammen mit dem jeweiligen Arbeitseinsatz in Formblätter eingetragen, so daß eine Auswertung nach Einsatzgebieten möglich ist.

Im Auswertungszeitraum absolvierten die 37 näher untersuchten Fahrzeuge 35306 Betriebsstunden und zusätzlich 21087 km (Unimogs) mit dem Hydrauliköl Esso PFL EGL 45911. Es traten an den Maschinen im gesamten Zeitraum keinerlei ölbedingte Schäden und keine im Vergleich zum konventionellen Mineralölprodukt verstärkten Leckagen auf.

Temperaturbelastung

Die hinsichtlich ihrer thermischen Belastung untersuchten Maschinen erreichten zwischen 1040 Betriebsstunden (SF-Feldhäcksler) und 4400 Betriebsstunden (Traktoren), ermittelt über den Traktometer. In Bild 1 sind die relativen Anteile an den Gesamtbetriebsstunden (nach Horameter) in den Temperaturklassen für die untersuchten Fahrzeugtypen dargestellt. Dabei sind alle durchgeführten Arbeiten der jeweiligen Maschinen zusammengefaßt. Der eingangs erwähnte kritische Temperaturwert von 80 °C wird bei nur wenigen Hydraulikanlagen überschritten. Zwei der drei Traktoren mit getrenntem Ölhaushalt für Hydraulik und Getriebe (Bild 1, Nr.1) weisen sogar während 82 bis 90 % ihrer Laufzeit eine Temperatur von weniger als 60 °C und während 10 bis 18 % ein Temperaturniveau zwischen 60 und 80 °C auf. Dabei handelt es sich um Systemtraktoren mit einem Hydraulikölvolumen von 30 l. Die Hydrauliköltemperatur des dritten Traktors, eines Geräte-trägers, liegt dagegen vergleichsweise höher: Nur während 55 % der Betriebsstunden erreicht das Hydrauliköl weniger als 60 °C, etwa ein Drittel der Betriebszeit zwischen 60 und 80 °C und während 9 % der Laufzeit wird das Öl stärker als 80 °C, jedoch nicht über 100 °C erhitzt. Aufgrund der kompakten Bauweise dieses Traktors und des geringeren Umlaufvolu-

mens von 20 l ist das Temperaturniveau insgesamt höher.

Bei den beiden Traktoren mit gemeinsamem Ölhaushalt für Hydraulik und Getriebe (Bild 1, Nr. 3) werden in bis zu 32 % der Betriebsstunden Temperaturen von über 60 °C, davon während etwa 2 % zwischen 80 und 100 °C erreicht. Beide Traktoren wurden allerdings nicht stark belastet.

Die Maschinen mit hydrostatischem Fahrtrieb waren beide mit einem Hydraulikölkühler ausgestattet. Bei dem Hoftraktor (Bild 1, Nr. 4, G) liegt die Hydrauliköltemperatur auf einem ähnlichen Niveau wie bei den Systemtraktoren (Nr. 1). Für den Selbstfahrer-Feldhäcksler ist die Temperaturbelastung im Hydrostraten (Nr. 4, H) und in der Arbeitshydraulik (Nr. 4, A) getrennt aufgetragen. Im Hydrostraten mit einer Ölumlaufrmenge von 15 l treten Temperaturen von über 80 °C während etwa 11 % der Betriebszeit auf, davon 3 % mit über 100 °C. In der Arbeitshydraulik (Nr. 4, A) mit einer Ölmenge von 23 l zeigt sich eine andere zeitliche Temperaturverteilung. In 36 % der Betriebsstunden wird das Hydrauliköl über die kritische Temperatur von 80 °C erhitzt; allerdings treten hier keine Temperaturen über 100 °C auf.

Hydraulikölkennwerte

Entscheidend für die Einsatzfähigkeit des Hydrauliköls sind dessen Kennwerte. Bei allen Ölproben waren lediglich kinematische Viskosität, Neutralisationszahl, Eisen- und Wassergehalt von Bedeutung; bei den anderen Inhaltsstoffen ergaben sich keine oder unwesentliche Veränderungen im Vergleich zum Frischöl. Für die Arbeits- und Fahrhydraulik des Feldhäckslers mit dem höchsten Temperaturniveau aller Fahrzeuge sind exemplarisch die kinematische Viskosität und die Neutralisationszahl in Bild 2 dargestellt. Die Viskosität steigt von 39,4 mm²/s im Frischöl nur unwesentlich auf Werte um 44 mm²/s nach 1040 Bh (maschineneigener Betriebsstundenzähler) sowohl im Hydrostraten als auch in der Arbeitshydrau-

lik. Nach 436 Betriebsstunden wurden wegen einer Reparatur des Getriebes 10 l Frischöl nachgefüllt. Dies zeigt sich in dem vorübergehenden Rückgang der Viskosität zu diesem Zeitpunkt.

Während sich die Neutralisationszahl (NZ) im Öl des Hydrostraten nur geringfügig ändert, steigt jene des Hydrauliköls im Arbeitskreislauf ab 650 Betriebsstunden stark an. Der Wert von 2,05 mg KOH/g nach 830 Bh kann noch akzeptiert werden, die ermittelte NZ von 4,65 mg KOH/g nach 1040 Bh zeigt die Notwendigkeit eines Ölwechsels an. Der starke Anstieg der NZ ist ein Zeichen für die Ölerschöpfung. Es wird gleichzeitig deutlich, daß die Viskosität alleine nicht ausreichend ist, um die Ölalterung sicher festzustellen.

Der Wassergehalt in den beiden Ölhaushalten dieser Maschine schwankt in einem unkritischen Bereich zwischen 300 und 500 mg/kg. Der Eisengehalt steigt beim Feldhäcksler lediglich auf maximal 13 mg/kg, was ebenfalls als unkritisch zu beurteilen ist. Der Gehalt an Eisen nimmt lediglich bei den Traktoren mit gemeinsamem Haushalt für Hydraulik- und Getriebeöl auf kritische Werte über 30 mg/kg zu, was auf den verstärkten Abrieb im Getriebe zurückzuführen ist.

Bei allen Maschinen wurde versucht, während des Versuchszeitraums auf einen Ölwechsel zu verzichten. Bedingt etwa durch Reparaturen, die nicht mit dem verwendeten Hydrauliköl zusammenhängen, mußte an drei Maschinen dennoch das Öl gewechselt werden. Bei allen anderen Fahrzeugen konnten die Hydrauliköle ohne Wechsel fünfeneinhalb Jahre lang mit den oben genannten Betriebsstundenleistungen eingesetzt werden. Allerdings muß auch festgestellt werden, daß aufgrund unvermeidbarer und unauffälliger Leckagen während dieser Zeit in fast allen Maschinen mehrmals Hydraulikflüssigkeit nachgefüllt werden mußte. Die Nachfüllmenge innerhalb des gesamten Versuchszeitraumes lag bei 9 bis 180 % des Hydraulikölvolumens, wobei die Maximalwerte durch größere Leckagen oder Reparaturen zustande kamen. Im Mittel wurden jedoch rund 60 % der Umlaufmenge ersetzt. Dies spiegelt die Praxisbedingungen wieder und zeigt einerseits eine Ölauffrischung, andererseits sehr deutlich die Notwendigkeit, verstärkt umweltverträgliche Hydraulikflüssigkeiten einzusetzen.

Schlüsselwörter

Biologisch schnell abbaubare Hydrauliköle, Rapsöl, Temperaturbelastung

Keywords

Biodegradable hydraulic fluids, rape seed oil, oil temperature