

Axel Römer, Braunschweig

Hydrauliköle auf der Basis nachwachsender Rohstoffe

Ergebnisse aus Laborversuchen

Der Beitrag befaßt sich mit den Einsatzmöglichkeiten von biologisch schnell abbaubaren Ölen auf pflanzlicher Basis zur Verwendung in zentral versorgten Getriebe- und Hydrauliksystemen von Landmaschinen. In Laborversuchen und Prüfstandsläufen mit Laufzeiten über 1000 Stunden werden ausgewählte Öle untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß die pflanzlichen Hydrauliköle in einem breiten Einsatzspektrum eingesetzt werden können. Die Prüfläufe mit dem am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig entwickelten Versuchsstand ermöglichen weiterhin Aussagen über die Einsatzgrenzen und die Standzeiten der Öle.

Die Grundlage für den Aufbau des Versuchsstandes und die durchgeführten Versuche bildeten Feldversuche, in denen die Belastungsparameter für Hydraulikflüssigkeiten in Traktoren und Landmaschinen ermittelt wurden. Über die Durchführung und Ergebnisse dieser Feldversuche wurde bereits in der LANDTECHNIK 3/96 berichtet. Die in den mehrjährigen Feldversuchen gewonnenen

Ergebnisse sind die Grundlage für die wichtigsten Ziele ist die Untersuchung der Öle unter möglichst praxisgerechten Bedingungen, um einen Vergleich der zeitgeprägten Laborversuche mit den Erfahrungen aus Feldeinsätzen zu ermöglichen. Bild 1 zeigt den hydraulischen Schaltplan des Versuchsstandes. Das vereinfachte dargestellte Getriebe eines Serientraktors wird durch einen stufenlos verstellbaren Variator angetrieben. Das Getriebe enthält zwei im Öl laufende Bremsen, die das zu untersuchende Öl als Reibsystem belasten. Den definierten Kühlölstrom für die Bremsen fördert die Pumpe (4). Die hydraulische Leistung der Verstellpumpe (1) wird auf einen Hydromotor (2), der wiederum durch einen zweiten Hydraulikkreislauf mit der Pumpe (3) und dem Druckbegrenzungsventil (6) belastet wird, übertragen. Die Regelung der Drehzahl des Hydromotors (2) erfolgt durch das Stromregelventil (8). Das Druckbegrenzungsventil (5) dient zur Erzeugung der im realen System auftretenden Ver-

von etwa 100 l/min bei einem maximalen Druck von 350 bar. Das Ölvolumen in den beiden Tanks beträgt jeweils 50 Liter.

Die verschiedenen Systemdrücke für die Bremse (Druckregelventil (7)) und die Hydraulikkreisläufe sowie die Ölvolumenströme und die Drehzahl des Getriebes werden über einen Versuchsstandsrechner vorgegeben und überwacht, beziehungsweise geregelt. Die im Versuchsstand eingesetzten Komponenten und die Festlegung der Prüfparameter nach den Messungen in Feldversuchen ermöglichen eine praxisgerechte Untersuchung der Öle mit definierten und reproduzierbaren Bedingungen.

Ablauf der Versuche

Die Labor- und Versuchsstandsuntersuchungen werden zunächst mit drei Ölen auf Rapsölbasis und einem Mineralöl durchgeführt. Am Versuchsstand erfolgt die Variation der Parameter:

- Ölvolumenstrom und Systemdruck,
- Tank- oder Getriebesumpftemperatur,
- lokale Spitzentemperaturen (in Bremsen oder einzelnen Verbrauchern),
- Einschaltdauer der Aggregate, zeitliche Aufeinanderfolge der Belastungen.

Aus Bild 2 sind beispielhaft die Prüfbedingungen bei einem Bremsversuch zu entnehmen. Als maßgebende Größe wird bei diesem Versuch die Kühlöltemperatur T3 betrachtet. Die Parameter Bremszeit, Bremsdruck p3 und Tanktemperatur T5

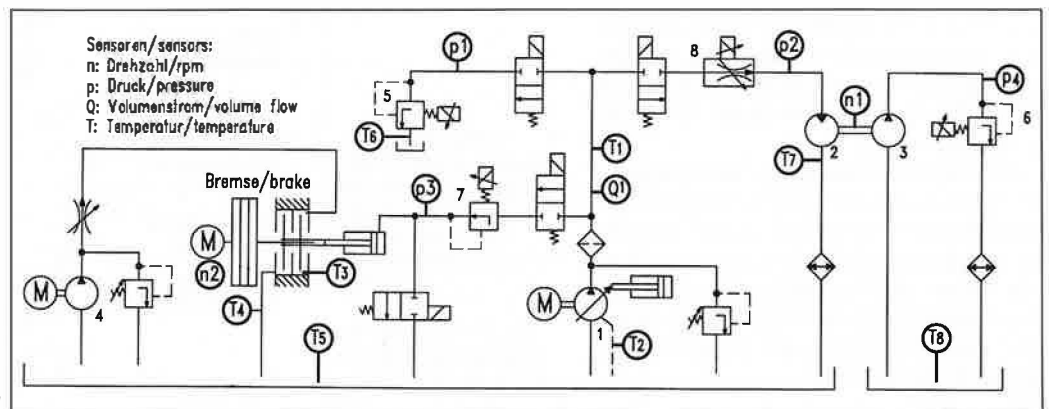


Bild 1: Hydraulikschaltplan des Versuchsstandes

Fig. 1: Hydraulic connection diagram of the test stand

Daten über Temperatur- und Druckbelastung der Hydrauliköle dienen zur Konstruktion des Versuchsstandes, zur Auswahl der Versuchsöle und zur Festlegung der Prüfparameter. Denn eines der wich-

tigsten Ziele ist die Untersuchung der Öle unter möglichst praxisgerechten Bedingungen, um einen Vergleich der zeitgeprägten Laborversuche mit den Erfahrungen aus Feldeinsätzen zu ermöglichen. Bild 1 zeigt den hydraulischen Schaltplan des Versuchsstandes. Das vereinfachte dargestellte Getriebe eines Serientraktors wird durch einen stufenlos verstellbaren Variator angetrieben. Das Getriebe enthält zwei im Öl laufende Bremsen, die das zu untersuchende Öl als Reibsystem belasten. Den definierten Kühlölstrom für die Bremsen fördert die Pumpe (4). Die hydraulische Leistung der Verstellpumpe (1) wird auf einen Hydromotor (2), der wiederum durch einen zweiten Hydraulikkreislauf mit der Pumpe (3) und dem Druckbegrenzungsventil (6) belastet wird, übertragen. Die Regelung der Drehzahl des Hydromotors (2) erfolgt durch das Stromregelventil (8). Das Druckbegrenzungsventil (5) dient zur Erzeugung der im realen System auftretenden Ver-

lustleistung. An diesem Ventil wird die hydraulische Leistung von Teilölströmen komplett in Wärme umgesetzt. Der Versuchsstand kann je nach Prüfprogramm mit den drei Belastungseinheiten (Bremse, Druckbegrenzungsventil (5), Hydromotor (2)) gleichzeitig oder mit jeder Belastungseinheit einzeln betrieben werden. Der hydraulische Kreislauf mit der Pumpe (3) verfügt über einen separaten Öltank und wird als zusätzlicher Prüfkreis eingesetzt. Der Temperaturhaushalt des Versuchsstandes ist über zwei Ölkühler beeinflussbar. Die Verstellpumpe (1) fördert einen maximalen Ölvolumenstrom

sowie Drehzahl dienen primär zur Einstellung der Kühlöltemperatur. Die Temperatur der Bremscheiben liegt deutlich über der gemessenen Öltemperatur. Die Dauer eines solchen Versuches richtet sich nach den in den Feldversuchen ermittelten Bremszeiten bezogen auf die gesamte Einsatzzeit einer Ölfüllung und die Verwendung des Fahrzeuges. Bei einem Traktor, der überwiegend für Transportfahrten eingesetzt wird, ergeben sich andere Bedingungen als für einen Traktor bei der Bodenbearbeitung.

Während der Versuche werden am Versuchsstand der Wassergehalt ermittelt

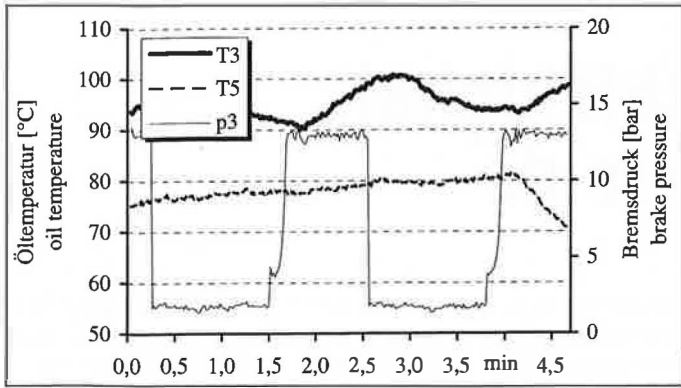


Bild 2: Beispiel für die Belastung der Öle im Versuchsstand (T3: Kühllöltemperatur, T5: Tanktemperatur, p3: Bremsdruck)

Fig. 2: Example for stress of oils in test stand (T3: cool oil temperature, T5: tank temperature, p3: brake pressure)

und eine Partikelzählung im Öl durchgeführt. Nachdem die Öle eine definierte Belastungseinheit durchlaufen haben, erfolgt eine Probenentnahme. Diese Proben werden dann in Zusammenarbeit mit dem Institut für Erdöl- und Erdgasforschung in Clausthal-Zellerfeld untersucht. Analysiert werden die physikalischen und chemischen Kenngrößen sowie die thermische und oxidative Stabilität der Öle. Außerdem erfolgten eine Elementanalyse und der Einsatz spektroskopischer Methoden zur Ermittlung struktureller Daten. Zusätzlich werden die biologische Abbaubarkeit und das Ausbreitungsverhalten der Öle in einer Bodensäule bestimmt.

Die in den Laboruntersuchungen ermittelten Änderungen der Ölkennwerte lassen sich so direkt den Belastungen der Öle im Versuchsstand zuordnen. Die getrennte Betrachtung einzelner Einflußgrößen ist eine wichtige Voraussetzung zur Interpretation der Öleigenschaften.

Ergebnisse

In Bild 3 sind beispielhaft eine der Versuchseinstellungen und – stellvertretend für die ermittelten Kennwerte der Öle – die Neutralisationszahl und die kinematische Viskosität über der Versuchszeit aufgetragen. Der Volumenstrom Q1 der Pumpe (1) ist auf maximal 50 l/min und der Pumpendruck p1 auf maximal 150 bar eingestellt. Das vorgegebene Intervall entspricht den in den Feldversuchen gemessenen Belastungen beim Einsatz eines Ladewagens oder eines Festmiststreuers, bei denen die hohe hydraulische Leistung für den Antrieb des Kratzbodens benötigt wird. Der Bereich niedriger Volumenströme und Drücke entspricht einer Transportfahrt. Durch die vorgegebenen Belastungen bewegt sich die Tanktemperatur zwischen 65 und 70 °C, die Lecköltemperatur der Verstellpumpe stellt mit 79 °C die höchste Systemtemperatur dar. Im unteren Teil von Bild 3 ist das Ergebnis eines aus Rapsöl hergestellten Getriebe- und Hydrauliköls, das mit den genannten Bedingungen getestet wurde, dargestellt. Nach etwa 800

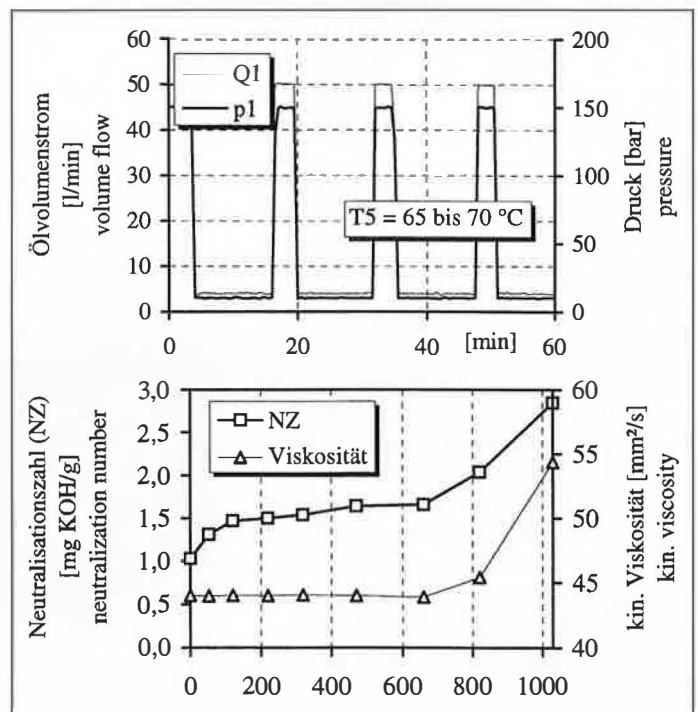
Betriebsstunden sind deutliche Veränderungen bei der Neutralisationszahl (NZ) und der Viskosität zu erkennen. Das Öl wurde während des Versuchs permanent an der vom Hersteller angegebenen Temperaturgrenze von 70 °C im Tank betrieben. Bei Temperaturen zwischen 55 und 65 °C waren auch nach Laufzeiten von über 1500 Betriebsstunden nur geringe Ölalterungsprozesse zu erkennen. Auch kurzzeitige Temperaturen im Bereich bis 90 °C führten zu keinen deutlichen Veränderungen der Öleigenschaften. Aus der Beanspruchung des gleichen Öls in den nassen Bremsen über mehrere Stunden (Belastung siehe Bild 2) resultierte ein deutlicher Anstieg der Viskosität um etwa 14 %. In einem weiteren Versuch wurde das Öl mit konstantem Volumenstrom und Druck geprüft. Die dadurch mehr als verdreifachte Umwälzrate führte bei dieser Ölart zu keiner markanten Beschleunigung der Ölalterung. Erhöhter metallischer Abrieb ruft dagegen eine merkliche Verschlechterung der Öleigenschaften innerhalb relativ kurzer Betriebszeiten hervor.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Untersuchungen mit dem Versuchsstand zeigen zunächst die sehr gute Übereinstimmung der Prüfbedingungen mit

Bild 3: Prüfbedingungen und Veränderung der Öleigenschaften eines Rapsöls (Q1: Volumenstrom, p1: Pumpendruck, T5: Tanktemperatur)

Fig. 3: Test conditions and change of oil properties of rape seed oil (Q1: volume flow, p1: pump pressure, T5: tank temperature)



den Verhältnissen in realen Hydrauliksystemen von Landmaschinen. Die Ergebnisse der Öluntersuchungen mit praxisnahen Bedingungen verdeutlichen die Einsatzgrenzen und -möglichkeiten der auf Rapsölbasis hergestellten Getriebe- und Hydrauliköle. Bei durchschnittlichen Belastungen können teilweise Standzeiten über die vom Maschinenhersteller angegebenen Ölwechselintervalle hinaus erreicht werden. Die Untersuchung der nassen Bremsen und der Temperatureinflüsse zeigen allerdings auch, wie schnell sich die Öleigenschaften unter bestimmten Bedingungen (zum Beispiel Abriebpartikel) verschlechtern können. Für den Maschinenhersteller bleibt daher die Frage zu beantworten, welche Ölwechselintervalle anzugeben sind. Da die Eigenschaften der auf dem Markt befindlichen Öle und die Einsatzbedingungen der Maschinen – gerade im internationalen Vergleich – sehr unterschiedlich sind, können die Ölwechselintervalle nur Durchschnittswerte mit einem entsprechenden Sicherheitsfaktor sein. Wünschenswert ist daher eine preisgünstige 'Online-Überwachung' des Ölzustandes, die dem Fahrer eine Verschlechterung der Öleigenschaften anzeigt. Weitere Forschungsarbeiten am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik befassen sich mit diesem Themenbereich.

Schlüsselwörter

Hydraulikölbelastungen, biologisch schnell abbaubare Öle

Keywords

Stress for hydraulic oils, biologically rapid degradable oils