

Günther Weise und Rolf Tobisch, Groß-Umstadt

Neuentwickelte biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeit im Test

Eine neuentwickelte, biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeit, deren Additive ebenfalls biologisch schnell abbaubar sind, wurde einer mehrjährigen Einsatzprüfung unterzogen, wobei Belastung und chemische Veränderungen der Flüssigkeit untersucht wurden. Die Druckflüssigkeit auf der Basis eines gesättigten synthetischen Esters zeigte während der 3-jährigen Versuchsperiode auch unter erhöhter thermischer Belastung keine Veränderungen, die einen Austausch erforderlich gemacht hätten. Bei genügend großen Nachfüllmengen im Betrieb ist ein Ölwechsel nicht erforderlich, da dann die mittlere Verweildauer der Druckflüssigkeit im System kürzer ist als das Ölwechselintervall.

Das Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) hat zusammen mit Partnern aus Forst und Industrie in einem von der FNR geförderten Projekt eine von der Firma Bechem entwickelte neuartige biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeit erprobt.

Biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeiten, auch HE-Fluide (Hydraulic Ecological oder Environmentally) genannt, wurden in den letzten Jahren ständig verbessert. Sie haben inzwischen vielfach ihre Eignung belegt, dennoch bestehen daran nach wie vor Zweifel und deshalb Akzeptanzprobleme. Der prinzipiell vorhandene Widerspruch zwischen vergleichsweiser Umweltunbedenklichkeit und technischer Eignung für anspruchsvolle Einsatzbereiche hat zu Produkten geführt, die in Umwelteigenschaften, technischer Eignung und Preis weit streuen und deshalb zu der zurzeit noch bestehenden Verunsicherung beitragen. Außerdem besteht das Problem, dass sich zwar die Grundflüssigkeiten biologisch rasch abbauen, die Additive hingegen nicht. Der Partner des zu bearbeitenden Verbundprojektes, die Firma Carl Bechem GmbH, hat sich deshalb zusammen mit dem KWF der Aufgabe gestellt, eine Druckflüssigkeit mit neuartigen, nach Stand der Technik umweltunbedenklichen Additiven zu entwickeln, welche die Anforderungen des Umweltzeichens erfüllt. Es sollen auch die Additive biologisch abbaubar und ökotoxikologisch unbedenklich sein. Weiterhin soll diese Flüssigkeit keine Buntmetallkorrosion hervorrufen und sich in den Maschinen lange Zeit stabil verhalten.

Ziel des Vorhabens war es, Messverfahren und ein Beurteilungssystem zur Bewertung der technischen Eignung biologisch schnell abbaubarer Hydraulikflüssigkeiten zu gewinnen und dieses für die Langzeiterprobung zu verwenden. Dabei sollte eine neu entwickelte Druckflüssigkeit einerseits an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit gebracht werden, andererseits war in einem Feldversuch die Praxistauglichkeit der Flüssigkeit zu belegen.

Material und Methode

Für die Versuche wurden drei Maschinen ausgewählt: ein Kranvollernter und ein Rückezug als typische Forstmaschinen, in denen die neuentwickelte Druckflüssigkeit im Praxisbetrieb laufen sollte; als dritte Versuchsmaschine stand ein Bagger im Forsteinsatz zur Verfügung. Dieser sollte dazu dienen, die Druckflüssigkeit bis an ihre Leistungsgrenze zu belasten. Zu diesem Zweck war dort eine Regelung eingebaut, welche den Hydraulikflüssigkeitskühler solange außer Betrieb setzte, bis eine Temperatur von 80 °C im Tank erreicht war. Dies sollte bewirken, dass die Druckflüssigkeit etwa doppelt so schnell altert wie bei den anderen beiden Maschinen.

Mit einem in die Maschinen integrierten Messsystem konnten Daten zur Bewertung der Flüssigkeitsbelastung gesammelt werden. Es erwies sich als ausreichend, die Tanktemperatur der Hydraulikflüssigkeit zu messen, um die Belastung der Druckflüssigkeit im Wesentlichen zu erfassen. Alle anderen Temperaturen folgen dieser Temperatur

Dr. Günther Weise leitet den Fachbereich Prüfwesen und Normung im Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF), 64820 Groß-Umstadt, Spremberger Str. 1; e-mail: fb1@kwf-online.de
Dr. Rolf Tobisch ist dort als Projektmitarbeiter beschäftigt.

Schlüsselwörter

Hydrauliköl, Belastbarkeit, Abbauverhalten

Keywords

Hydraulic fluid, stability, degrading behaviour

Tab. 1: Veränderungen von Viskosität, Neutralisationszahl (NZ), Schaum und Dichte der Druckflüssigkeit über den Untersuchungszeitraum im Bagger

Table 1: Changes in viscosity, neutralisation number (NZ), foam and density of the hydraulic fluid during the project period in the excavator

Betriebsstunden h	Viskosität mm ² /s	NZ mg KOH/g	Wasser ppm	Schaum ml	Dichte g/cm ³
Testflüssigkeit	41,8	0,6	260	0	0,952
0	40,9	0,8	460	180	0,952
126	41,2	0,7	420	250	0,947
207	41,9	0,6	560	500	0,949
1000	42,9	0,8	280	310	0,9525
1180	43,6	0,9	240	50	0,953
1260	43,9	0,8	260	0	0,952
1390	44,4	0,95	300	40	0,9526
1510	44,3	1,4	800	20	0,9526

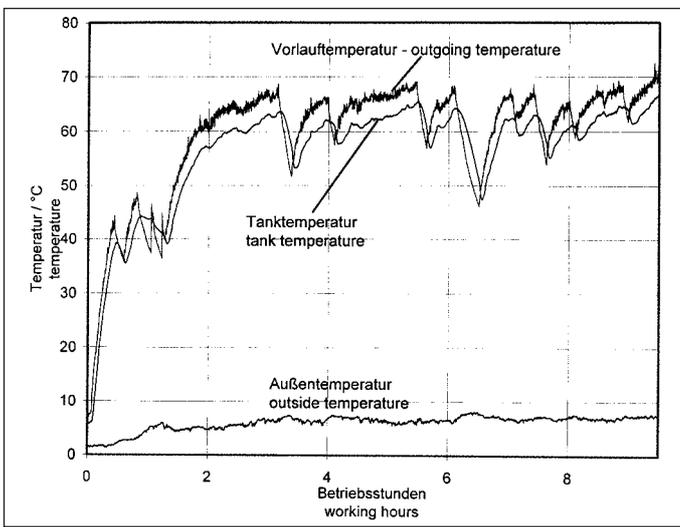


Bild 1: Typischer Verlauf der Temperatur der Druckflüssigkeit im Tank und im Vorlauf im untersuchten Bagger während einer Schicht im Vergleich zur Außentemperatur

Fig 1: Typical development of measured temperatures for the hydraulic fluid in the tank and in the inflow of investigated excavators during one shift compared to ambient temperature

in Belastungsphasen, während in Phasen ohne Belastung die Temperaturen an der Peripherie des Hydrauliksystems sehr schnell abnehmen, im Tank dagegen nur langsam. Beispielhafte Messergebnisse sind in Bild 1 dargestellt. Seit der Umölung bis zum Projektende im September 2001 haben der Bagger 1510, der Forwarder 1030 und der Vollernter 1491 Betriebsstunden mit der zu untersuchenden Druckflüssigkeit gearbeitet.

Ergebnisse

Im normalen Betrieb wechseln die Drücke in allen drei Maschinen im Durchschnitt im Sekundentakt, wobei in der Regel der Druckbereich von etwa 0 bar bis zum Maximalwert durchfahren wird. Die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Drücke zeigte bei allen Maschinen einen Gipfel bei sehr niedrigen Drücken, die sich aus den Ruhephasen der Maschinen ergaben. Das Maximum der Häufigkeitsverteilung der Arbeitsdrücke fand sich beim Bagger bei 180 bis 200 bar und in den Arbeitshydrauliken von Rückzug und Vollernter jeweils bei 240 bar.

Das größte Interesse galt den chemischen und physikalischen Veränderungen der neu formulierten Flüssigkeit. Die ermittelten Parameter der drei Versuchsmaschinen sind in Tabelle 1 bis 3 dargestellt. Hauptindikatoren der Flüssigkeitsalterung sind Viskosität und Neutralisationszahl. Die maximal erreichte Viskosität betrug in keinem Fall mehr als 46,6 mm²/s und ist damit noch sehr weit von dem maximal zulässigen Wert von 52 mm²/s entfernt. Bei der Neutralisationszahl wurden bisher maximal 1,4 mg KOH/g gemessen, während der Grenzwert für einen bedenklichen Abbau der Neutralisationsfähigkeit bei 2,6 mg KOH/g zu sehen ist. Auch unter den Bedingungen der beschleunigten Alterung in der Versuchsmaschine Bagger konnte die Leistungsgrenze der Flüssigkeit nicht erreicht werden.

Einzig der Grenzwert für den Wassergehalt in einer biologisch schnell abbaubaren Hydraulikflüssigkeit (nach VDMA Richtlinie 24568) von 1000 ppm wurde bei dem Rückzug erreicht. Dies scheint vom Tem-

peraturniveau im Tank abzuhängen. Offensichtlich korreliert ein höheres Tanktemperaturniveau - wie im Bagger - mit einem niedrigeren Wassergehalt in der Hydraulikflüssigkeit und entsprechend ein niedriges Temperaturniveau mit einem hohen Wassergehalt. Gelöstes Wasser ist für die Maschine zunächst nicht schädlich, solange das Wasser die Flüssigkeit nicht in Säure und Alkohol und weitere Folgeprodukte zersetzt hat. Dieser Effekt, der den Anstieg von Neutralisationszahl und Viskosität zur Folge gehabt hätte, wurde nicht beobachtet.

Der Schaumgrenzwert nach DIN 51524 wurde von einigen Proben im Bagger und im Forwarder kurzzeitig überschritten, was zu einer Änderung der Additivierung führte. Für die Einsatzfähigkeit der Flüssigkeit wird dem jedoch nur geringe Bedeutung beigemessen, weil der im Labor erzeugte Schaum sehr schnell wieder zerfiel. Obwohl stets dieselbe Druckflüssigkeit verwendet wurde, traten in der Druckflüssigkeit des Baggers zeitweise hohe Schaumbildung, in derjenigen des Forwarder mäßige und in der des Vollernters annähernd keine Schaumbildung auf. Eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Denkbar sind konstruktive Merkmale (Dichtungen, Materialauswahl der Systemkomponenten) oder geringe, mit

Tab. 2: Veränderungen von Viskosität, Neutralisationszahl (NZ), Schaum und Dichte der Druckflüssigkeit über den Untersuchungszeitraum im Forwarder

Betriebsstunden h	Viskosität mm ² /s	NZ mg KOH/g	Wasser ppm	Schaum MI	Dichte g/cm ³
Testflüssigkeit	41,8	0,6	260	0	0,952
0	45,9	0,6	400	10	0,9501
100	45,2	0,5	680	200	0,9502
791	46,6	0,7	1020	260	0,952
1030	42,5	0,8	1000	340	0,9523

Tab. 3: Veränderungen von Viskosität, Neutralisationszahl (NZ), Schaum und Dichte der Druckflüssigkeit über den Untersuchungszeitraum im Vollernter

Betriebsstunden h	Viskosität mm ² /s	NZ mg KOH/g	Wasser ppm	Schaum MI	Dichte g/cm ³
Testflüssigkeit	41,8	0,6	260	0	0,952
0	44,9	0,75	390	0	0,9504
921	45,9	0,8	521	0	0,9538
1491	44,3	0,9	600	20	0,9526

den hier angewandten Methoden nicht nachweisbare Verunreinigungen, in denen sich die Maschinen unterscheiden, ebenso wie Mischungsphänomene mit der ursprünglich eingefüllten Druckflüssigkeit.

Verschleißmetalle traten in keinem Fall in nennenswerter Menge auf.

Flüssigkeitsverluste

Durch Flüssigkeitsverluste im Betrieb und entsprechendes Nachfüllen wird die Flüssigkeit permanent aufgefrischt. Der Anteil der Ursprungsflüssigkeit an der Gesamtflüssigkeitsmenge nimmt dabei nach einer Beziehung ab, die in Analogie zu den radioaktiven Zerfallsgesetzen abgeleitet werden kann. Bei der ständigen Ölauffrischung durch Nachfüllen ist die Verweildauer des nachgefüllten Teils der Flüssigkeit in den Maschinen geringer als derjenige der Ursprungsflüssigkeit. Man kann daraus eine mittlere Verweildauer der Druckflüssigkeit in der Maschine definieren. Nach den im Rahmen der Untersuchung entwickelten Beziehungen nähert sich die mittlere Verweildauer asymptotisch einem Maximalwert. Er beträgt für den Bagger ungefähr 2000 Stunden, für den Forwarder ~1830 Stunden und wegen der großen Nachfüllmengen für den Vollernter lediglich etwa 880 Stunden.

Ölwechsel nicht erforderlich

Daraus kann man bei den Versuchsmaschinen schließen, dass eine Hydraulikflüssigkeit mit einer auffrischungslosen Standzeit der Ursprungsflüssigkeit von mehr als 2000 Betriebsstunden dauerhaft in allen untersuchten Maschinen verbleiben kann, da die mittlere Verweildauer der Flüssigkeit in der Maschine geringer als die Standzeit ist. Ein Ölwechsel wird nicht erforderlich, die Auffrischung durch Nachfüllen reicht aus.