

# Gebrauchtölanalysen mit Schnellprüfmethoden

Dr.-Ing. G. Stegemann, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung  
 Dipl.-Ing. J. Tscherner, KDT, VEB Hydrierwerk Zeitz, Technischer Dienst Schmierstoffe Berlin  
 Dipl.-Fachlehrer B. Mattered, VEB Kombinat Minol, Kombinatbetrieb Potsdam

## 1. Einleitung

Art und Beschaffenheit der Schmieröle haben erheblichen Einfluß auf die Abnutzungsgeschwindigkeit in Schmierstellen technischer Arbeitsmittel (Schmierstelle  $\hat{=}$  Reibstelle, der bewußt dosiert Schmierstoff zugeführt wird). Gleichzeitig erfordert die Materialökonomie eine weitgehende Ausschöpfung des Gebrauchswerts der eingesetzten Schmieröle. Der Gesetzgeber fordert in [1]: „Die Anwender von Schmierstoffen sind verpflichtet, für die im Einsatz befindlichen Schmierstoffe die erforderliche Schmierstoffpflege mit dem Ziel der vollständigen Ausnutzung des Schmierstoffgebrauchswerts unter Berücksichtigung technisch-ökonomischer Kennzahlen durchzuführen.“ Da die Erschöpfung des Gebrauchswerts eines Schmieröls nicht nur von dessen Qualität abhängt, sondern von einer Reihe weiterer Faktoren, wie Konstruktion, Schädigungsstatus, Betriebsbedingungen der betrachteten Schmierstellen sowie verwendete Betriebsstoffe, beeinflusst wird, werden definierte Grenzzustände der Schmieröle selbst in gleichen Baugruppen nach unterschiedlichen Betriebsdauerwerten erreicht. Aus diesem Grund setzt die Gestaltung günstiger Abnutzungsbedingungen für die landtechnischen Arbeitsmittel und eine weitgehende Ausschöpfung der Gebrauchseigenschaften der Schmieröle die Kenntnis der Zustandparameter wesentlicher Kennwerte des Öls zum Betrachtungszeitpunkt voraus. Dies trifft in gewissem Umfang auch für die Bewertung von Altölen zu.

Ziel von Untersuchungen [2, 3] war es, Prüfmethoden auszuwählen und zu bewerten, mit deren Hilfe eine diesbezügliche Entscheidung

findung im Rahmen der Pflege der landtechnischen Arbeitsmittel und bei der Organisation der Schmierungstechnik in der Landwirtschaft möglich ist. Dabei ist davon auszugehen, daß Aufgaben und Anforderungen für Prüfmethoden zur Gebrauchtölanalyse in starkem Maß von der verfolgten Zielstellung (z. B. beim Arbeitsmittelhersteller, Schmierölanwender oder Schmierstoffproduzenten) geprägt werden. So werden im Bereich der Schmierstoffproduzenten und in Produktionsmittelhandelsbetrieben für Kraft- und Schmierstoffe (VEB Minol) weitgehend standardisierte Labormethoden genutzt. Für Verschleißuntersuchungen und die technische Diagnose kommen zunehmend spektroskopische Methoden und Verfahren zur Abtrennung meist fester Verunreinigungen zum Einsatz. Diese Untersuchungsmethoden erfordern einen relativ hohen gerätetechnischen und zeitlichen Aufwand sowie ausgebildetes Prüfpersonal.

Durch ihre Konzentration in Prüflabors entsteht für den Schmierölanwender ein Zeitversatz zwischen Probenahme und Vorliegen des Analyseergebnisses. Dem stehen Forderungen an die Prüfmethoden gegenüber, die für die o. g. Aufgabe genutzt werden können, wie:

- Durchführbarkeit in Pflegestationen oder anderen spezialisierten Instandhaltungseinrichtungen
- kurze Zugriffszeit für die Analyseergebnisse
- hinreichende Genauigkeit der Ergebnisse unter Beachtung vorliegender Grenzwerte und Wechselkriterien der Schmieröle
- keine Anforderungen an die chemischen Spezialkenntnisse des Prüfers

- geringe Prüfzeit ( $\leq 30$  min je Probe)
- Einhaltung günstiger Aufwand-Nutzen-Relationen.

Die o. g. Prüfmethoden erfüllen diese Forderungen nicht umfassend. Deshalb wurden Schnellprüfmethoden auf ihre Eignung in bezug auf die dargestellte Aufgabe unter Beachtung vorliegender Erkenntnisse (u. a. [4, 5, 6, 7]) am Beispiel des Motorenöls MD302 und des Hydrauliköls H46 R untersucht [2, 3]. Als Ölwechselgrenzwerte werden die in Tafel 1 dargestellten herangezogen.

## 2. Schnellprüfmethoden

Einen Überblick zu ausgewählten Ölkennwerten [5, 10] und zu den zur ihrer Ermittlung erprobten Schnellprüfmethoden vermittelt Tafel 2. Zur Beurteilung der Genauigkeit der Schnellprüfmethoden wurden für rd. 100 Ölproben Mehrfachbestimmungen parallel mit Schnellprüfmethoden und den entsprechenden Labormethoden durchgeführt [2]. Im Ergebnis dessen läßt sich feststellen:

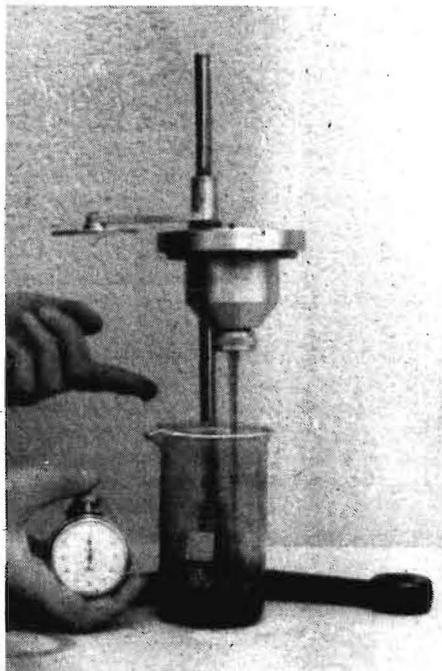
### Bestimmung der Viskosität

Die Arbeit mit dem Auslaufbecher (Bild 1) ist im Standard TGL 14301 beschrieben. Anhand der Öltemperatur und der Auslaufzeit für eine Becherfüllung wird mit Hilfe eines Nomogramms die Viskosität  $V_{50}$  (Motorenöl) oder  $V_{40}$  (Hydrauliköl) [3] bestimmt. Durch Vergleich der ermittelten Viskosität (Achse  $V_{50}$  im Bild 2) mit dem zulässigen Bereich für Gebrauchtöle werden Überschreitungen der Grenzwerte (Tafel 1) sichtbar.

### Bestimmung der Verschmutzung

Das Ölprobprüfgerät (Bauart Kirchmöser) (Bild 3) arbeitet nach dem photometrischen Prinzip. Gemessen wird die Lichtabsorption eines Prüföl-Siedegrenzbenzin-Gemisches (Mischungsverhältnis 1:9), und der Fotostrom wird am Geräteperemeter abgelesen. Mit Hilfe einer Kalibrierkurve läßt sich daraus die Ölverschmutzung in % Massenanteil bestimmen. Da Spannungsschwankungen das Ergebnis erheblich beeinflussen, ist es notwendig, dem Ölprobprüfgerät einen Spannungskonstanthalter vorzuschalten oder mit einer gut geladenen 6-V-Batterie zu arbeiten. Bei der von Hauptmann [6] vorge-

Bild 1. Arbeit mit dem Auslaufbecher



Tafel 1. Ölwechselgrenzwerte nach [8, 9]

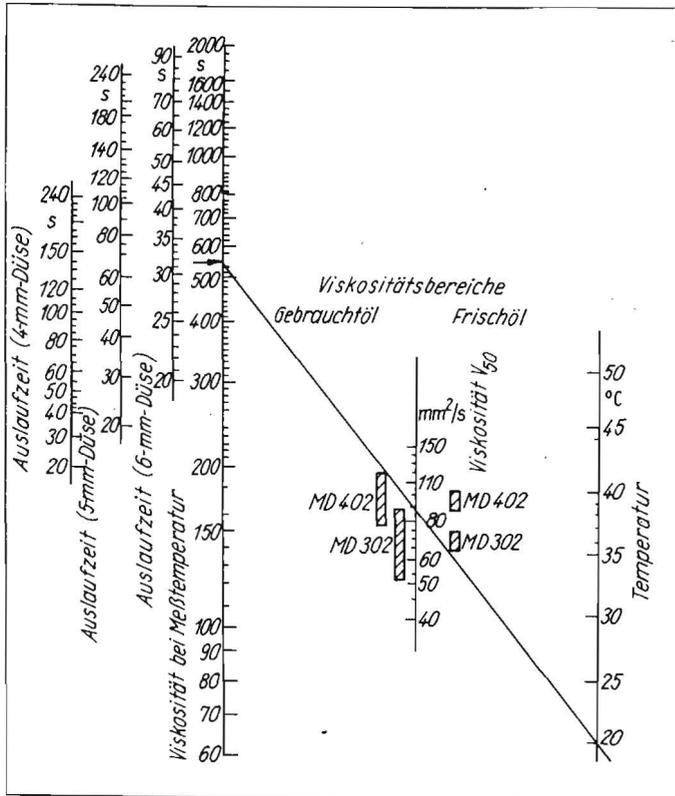
Ölkennwert	Motorenöl MD202, MD302	Hydrauliköl
Viskosität	$\pm 25\%$ <sup>1)</sup>	$\pm 25\%$ <sup>1)</sup>
Verschmutzung	$> 3,0\%$	$S_i \geq 8$
Wassergehalt	$\geq 0,5\%$	$\geq 0,2\%$

1) bezogen auf Nennviskosität  
 $S_i$  Schlammindex

Tafel 2. Untersuchte Ölkennwerte mit zugeordneten Schnellprüfmethoden

	Ölkennwert Viskosität	Verschmutzung	Wassergehalt	Alkalität (TBN)	Dispersions- grad
untersuchte Schnell- prüfmethode	Auslaufbecher <sup>1)</sup>	Ölprobprüfgerät (Bauart Kirch- möser) <sup>1)</sup>	Spratzprobe	Farbindi- katortitra- tion	Tüpfeltest
	Bordviskosi- meter	Schnellwechsel- küvette <sup>1)</sup>	Druckgefäß <sup>1)</sup>		
	Ablaufbank	Ölprobprüfgerät (Baureihe P)	Verfahren nach		
		Schlammindex- gerät <sup>1)</sup> (nur für Hydrauliköl)	Oertel/ Pflug <sup>1)</sup>		

1) empfohlene Schnellprüfmethoden



2

stellten Schnellwechsellküvette (Bild 4) ist eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der Schwärzung einer definierten Schichtdicke des zu prüfenden Öls mit der einer zu ermittelnden Filterscheibenanzahl durch visuellen Vergleich herzustellen. Mit der Filterscheibenanzahl wird anhand einer Kalibrierkurve die Verschmutzung bestimmt.

Bei der Schlamminde-Methode nach Standard TGL 28084/06 wird das zu prüfende Schmieröl (z. B. Hydrauliköl) mit konstantem Druck durch eine Kombination von Filterpapieren filtriert. Gemessen werden die Filtrationszeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  für die durch das Schlamminde-Gerät (Bild 5) vorgegebenen Volumina  $V_1$ ,  $V_2$  und  $V_3$ . Aus den Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  berechnet sich der Schlamminde  $S_i$ , dem nach Standard TGL 28084/01 eine bestimmte Reinheitsklasse zugeordnet wird. Der Schlamminde läßt keine Aussage zum absoluten Gehalt von festen Verunreinigungen zu.

#### Bestimmung des Wassergehalts

Die Bestimmung des Wassergehalts bis etwa 1% (schließt Bereich der Ölwechselgrenzwerte ein) erfolgt nach der Kalziumhydridmethode [11]. Gemessen wird der Druckanstieg, der durch Reaktion eines wasserhaltigen Prüföl-Dieselmotorkraftstoff-Gemisches mit einer Reaktionspaste (Basis Kalziumhydrid) entsteht, in einem mit einem Manometer und einem Sicherheitsventil ausgestatteten gasdichten Druckgefäß. Aus dem Gasdruck läßt sich mit Hilfe einer Kalibrierkurve der Wassergehalt bestimmen. Für den vorgesehenen Einsatzfall kann nach den vorliegenden Untersuchungen der Temperatureinfluß für praktisch häufig anzutreffende Prüfungstemperaturen zwischen 15°C und 25°C vernachlässigt werden. Bei Ölen mit einem zu erwartenden Wassergehalt > 1% (z. B. Altöl) ist das Verfahren nach Oertel/Pflug anzuwenden (1 bis 10% Wassergehalt), bei dem die exotherme Reaktion durch Kristallwasseraufnahme von entwässerten Salzen ausge-

nutzt wird. Bei diesem Verfahren werden 25 ml Prüföl 5 g Magnesiumsulfat unter Rühren hinzugefügt. Gemessen wird die eintretende Temperaturerhöhung. Aus der Temperaturdifferenz vor Zugabe des Magnesiumsulfats und nach einer Reaktionszeit von etwa 8 min ergibt sich mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors der Wassergehalt.

#### Bestimmung der Alkalität (TBN)

Die Bestimmung der Alkalität erfolgte mit Hilfe der potentiometrischen Titration mit dem Präzisions-Labor-pH-Meßgerät MV 88. Für die TBN (Total Base Number  $\hat{=}$  Gesamtbasenzahl) wurde ein Mittelwert von  $\bar{x} = 5,13$  mg KOH/g bei einer Standardabweichung  $\sigma = 1,22$  mg KOH/g für die untersuchte Stichprobe ermittelt. Da bei keiner der untersuchten Ölproben der Ölwechselgrenzwert der TBN von 1 mg KOH/g erreicht wurde, wird davon ausgegangen, daß eine Bestimmung dieses Kennwerts für den betrachteten Einsatzbereich nicht erforderlich ist.

#### Bestimmung des Dispersionsgrades

Die Bestimmung des Dispersionsgrades mit dem Tüpfeltest läßt in Auswertung der vorliegenden Untersuchungen eine ungenügende Differenzierbarkeit erkennen. Der Tüpfeltest wird deshalb für den Nachweis der verbliebenen Wirksamkeit der Detergent-Additives in genutzten Schmierölen nicht vorgesehen.

Viskosität, Verschmutzung und Wassergehalt werden als repräsentative Nutzungsdauerbegrenzende Kennwerte eingeschätzt (s. Abschn. 3). Als geeignete Schnellprüfmethoden werden die in Tafel 2 gekennzeichneten empfohlen.

Eine Übersicht zu Verfahrenskennwerten untersuchter Schnellprüfmethoden vermittelt Tafel 3.

### 3. Ergebnisse

Die Untersuchungen von 100 Motorenölproben (MD 302) und 75 Hydraulikölproben

Bild 2

Nomogramm zur Bestimmung der Viskosität bei einer Temperatur von 50°C mit dem Auslaufbecher nach Standard TGL 14301

Bild 3

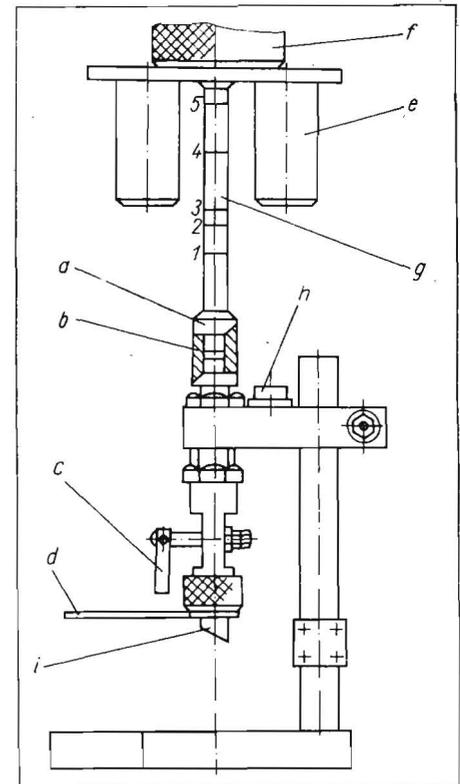
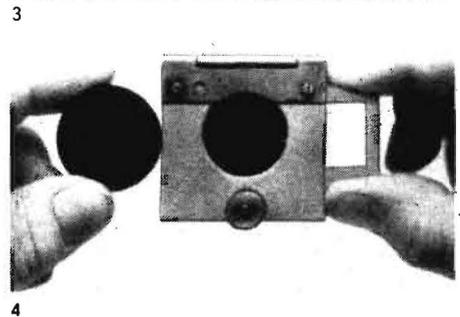
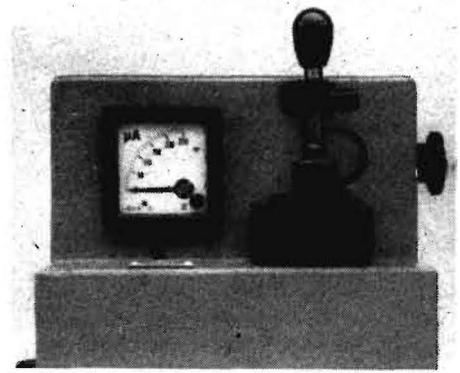
Ölgrobprüfgerät (Bauart Kirchmöser)

Bild 4

Schnellwechsellküvette

Bild 5

Schlamminde-Gerät; a Metallzylinder, b Rundring, c Ablaufhahn, d Spezialschlüssel, e Masse 1, f Masse 2, g Meßkolben, h Dosenlibelle, i Filterkopf, 1 Stellung des Kolbens vor dem Beginn der Messung, 2 Meßbeginn der Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$ , 3 Ende der Zeit  $t_1$ , 4 Ende der Zeit  $t_2$ , 5 Ende der Zeit  $t_3$



5

(H46R) weisen die Verschmutzung als dominierendes Ölwechselkriterium aus. Nutzungsdauerbegrenzend für das Öl treten zudem Veränderungen der Viskosität und des Wassergehalts auf. Bezeichnend ist, daß der Ölwechselgrenzwert überwiegend nur jeweils bei einem dieser drei Kennwerte erreicht wurde (Tafeln 4 und 5).

Die Untersuchungen von Motorenölproben des Traktors ZT300 ergaben z. B., daß der nach starrem Zyklus durchgeführte Ölwechsel in weiten Bereichen nicht zu einer günstigen Gestaltung der Abnutzungsbedingungen (aus der Sicht des Schmierstoffzustands) führte. So traten z. B. zum Zeitpunkt der Pflegegruppe 1 an rd. einem Drittel der untersuchten Ölproben Überschreitungen der Grenzwerte einzelner Kennwerte (besonders Verschmutzung) auf. Bei einem DK-Ver-

Tafel 3. Verfahrenskennwerte von Schnellprüfmethode (Angaben beziehen sich auf die Prüfung einer Probe)

	Schmierölkennwert Verschmutzung		Wassergehalt	Viskosität	feste Verunreinigungen
	Ölgroßprüfgerät (Bauart Kirchmöser)	Schnellwechsellkuvette			
Schnellprüfmethode/ Prüfgerät			Kalziumhydridverfahren	Auslaufbecher	Schlammindex-Methode
eingesetzt für	Motorenöl	Motorenöl	Motoren- und Hydrauliköl	Motoren- und Hydrauliköl	Hydrauliköl
Hilfsstoffbedarf in ml	5	5	20	10	10
Siedegrenzbenzin, Diesel	-	-	80	-	-
Richtzeit in min insgesamt	11,5	4,5	12...13	4,5...5,0	15
dar. Prüfung	7	2,5	10	2,5	10
dar. Reinigung	3	1...2	2	2	2
Mehrfachbestimmung	3	2	1	2	3
mittlere Abweichung zur Labormethode	im Bereich 2,5 bis 3,5% 0,5% <sup>1)</sup>		0,1%	6% der Nennviskosität	Wiederholbarkeit 70% [12]
Bezugs-Labor-Methode	Zentrifugenmethode nach Standard TGL 28084/07		Destillationsmethode nach Standard TGL 24911	Rheoviskosimeter nach Höppler	Remissionsmethode nach Standard TGL 28084/05

1) Massenanteil

Tafel 4. Anteil verschiedener Kennwerte an den ermittelten Ölwechselgrenzüberschreitungen (Motorenöl MD 302)

Kennwert	rel. Anteil %
Verschmutzung	74,1
Wassergehalt	7,1
Verschmutzung und Viskosität	14,8
Verschmutzung, Viskosität und Wassergehalt	3,7

Tafel 5. Anteil zu wechselnden Hydrauliköls nach verursachenden Kennwerten (Stichprobenumfang n = 75)

Kennwert	rel. Anteil %
feste Verunreinigungen	21,3
Viskosität	6,7
Wassergehalt	2,7
feste Verunreinigungen und Viskosität	5,3
Viskosität und Wassergehalt	1,3
feste Verunreinigungen und Wassergehalt	2,7
insgesamt	40

brauch von 2400 bis 3200 l (entspricht etwa dem Ölwechselintervall laut Instandhaltungsvorschrift) war der Gebrauchswert des Motorenöls für etwa 80% der Stichprobe erschöpft bzw. ließ keine Ölwechselintervallverlängerung bis zur nächstfolgenden planmäßigen periodischen Pflegemaßnahme mehr zu.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Hydrauliköl (Tafel 5) sprechen gegen die in der landtechnischen Praxis vielfach geübte Verfahrensweise, auf Hydraulikölwechsel an Traktoren zu verzichten.

Unterstrichen wird die Notwendigkeit einer umsichtigen Filterpflege und einer großen Sorgfalt und Sachkenntnis bei der Schmieröllagerung und -ausgabe. Die bei der Untersuchung angetroffene abnormale Verschmutzung der Motorenöle nach kurzer Ölnutzungsdauer kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht hinreichend erklärt werden. Es wird jedoch angenommen, daß der

Schädigungszustand der Motoren und die Nutzungsbedingungen damit im ursächlichen Zusammenhang stehen.

Für Hydraulikanlagen kommt es darauf an, Verunreinigungen des Öls bei der Befüllung der Anlagen und bei der Nutzung (z. B. verschmutzte Schlauchkupplungen) zu vermeiden. Im Zusammenhang mit Instandsetzungsmaßnahmen (z. B. der Kampagnefestsetzung) und Pflegemaßnahmen (z. B. Pflegegruppe 3 öder 4) sollte eine Reinigung der Kreisläufe durchgeführt werden (z. B. Einsatz von Filter- und Umpumpeinheiten).

#### 4. Voraussetzungen für die Nutzung von Schnellprüfmethode

Die Gebrauchtolanalyse ist zu einem festen Bestandteil der Pflege moderner landtechnischer Arbeitsmittel zu entwickeln. Aus diesem Grund sollten vorrangig in den Pflegestationen für Landtechnik Arbeitsplätze für die Schmierölprüfung eingerichtet werden. Zur Ausstattung dieser Arbeitsplätze gehören:

- ein Arbeitstisch mit ölabweisender Platte (Abmessungen etwa 0,75 m x 1,50 m)
- die gekennzeichneten Prüfgeräte in Tafel 2, einschließlich verschleißbarem Geräteschrank
- Ausrüstungen für Probenahme und -analyse
  - Flüssigkeitsspritze FS450 mit Entnahmesonden
  - Steilbrustflaschen aus Glas (0,5 l)
  - Teilewaschtisch und Vorratsbehälter für Reinigungsmittel
  - Laborgläser, Stoppuhr, Filterpapier, Chemikalien, Thermometer
  - Vergleichsöle mit bekannten Parametern
  - Nomogramme, Kalibrierkurven, Ölwechselgrenzwerte (Tafel 1).

Die Gebrauchtolanalyse ist, beginnend mit der Probenahme bis zur Wertung der Analyseergebnisse, gewissenhaft und mit hoher Sachkenntnis durchzuführen. Empfohlen wird die Ausbildung der Prüfer entsprechend dem Rahmenprogramm zur Grundausbildung der Verantwortlichen für Schmierungstechnik der Betriebe. Die Probenahme ist im Rahmen periodischer Pflegemaßnahmen

unmittelbar nach Annahme des zu pflegenden Arbeitsmittels durchzuführen. Die Prüfung beginnt mit der Bestimmung des Wassergehalts, um während der notwendigen Reaktionszeit bei der Kalziumhydridmethode bereits die Verschmutzung und ggf. die Viskosität bestimmen zu können. Als reine Prüfzeit ist je Probe mit 15 bis 20 min zu rechnen.

#### 5. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden ausgehend von der Bedeutung der Gebrauchtolanalyse Schnellprüfmethode vorgestellt. Durch ihre Anwendung ist es möglich, die Verschmutzung, die Viskosität und den Wassergehalt von genutzten Motoren- und Hydraulikölen in Einrichtungen der Instandhaltung im unmittelbaren Zusammenhang mit Instandhaltungsmaßnahmen zu bestimmen. Im einzelnen ist es dadurch möglich, einen gezielten Einfluß auf die Abnutzungsbedingungen bei gleichzeitiger Sicherung einer weitgehenden Ausschöpfung des Gebrauchswerts der Schmieröle zu nehmen. Außerdem bieten diese Methoden die Möglichkeit einer Qualitätsüberwachung nach Ölpflegemaßnahmen (z. B. bei Separation) und für Altöle. In besonderen Fällen sind sich anbahnende bzw. bereits eingetretene Schäden zu erkennen.

#### Literatur

- [1] Anordnung über die Durchsetzung einer effektiven Schmierungstechnik in der Volkswirtschaft - Anordnung Schmierungstechnik. GBl. der DDR Teil 1, Nr. 4, vom 30. Januar 1981.
- [2] Lukas, B.: Untersuchungen zu den Einsatzbedingungen und -möglichkeiten von Schnellprüfmethode zur Gebrauchswertbestimmung genutzter Motorenöle. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1983 (unveröffentlicht).
- [3] Scheutzel, C.: Untersuchungen zu den Einsatzbedingungen und -möglichkeiten von Schnellprüfmethode zur Gebrauchswertbestimmung genutzter Hydrauliköle. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1983 (unveröffentlicht).
- [4] Beran-Eberhorst, C.: Die Bedeutung der Gebrauchtolanalyse für den motorischen Betrieb. VDI-Berichte, Düsseldorf (1972) 177, S. 97-107.
- [5] Worm, A.; Danning, B.: Prüfausstattung zur Schmieröl- und Kühlwasseruntersuchung vor Ort. Schmiertechnik und Tribologie, Hannover 25 (1978) 2, S. 39-43.
- [6] Hauptmann, G., u. a.: Erfahrungen beim Einsatz von Schnellprüfmethode. Vortrag anlässlich des „18. Internationalen Symposiums Schmierungstechnik“ vom 9. bis 11. März 1983 in Leipzig.
- [7] Bochenski, C.: Proste metody oceny eksploatacyjnej olejow smarujacych (Einfache Methoden für die Prüfung von Schmierölen). Material der Tagung „Problemy techniki rolniczej i lesnej“ in Warschau 1984, S. 169-170.
- [8] Produktkatalog Teil 1, Schmierstoff und Sonderprodukte, Bezirksverband Karl-Marx-Stadt der KDT 1982.
- [9] Schmierstoffsortiment, Materialökonomie, Organisation, Qualifizierung, Kraftfahrzeug-Schmierstoffe. KDT-Richtlinie „Schmierungstechnik“, Bezirksverband Suhl der KDT 1979.
- [10] Schmieröle für Verbrennungsmotoren. Technischer Dienst Schmierstoffe Zeit, Information 22/1.
- [11] Arbeitsanleitung zur Schnellbestimmung von Wasser in Mineralölen. Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde-Wustrow 1983.
- [12] Riemann, U.; Hauptmann, G.: Zur Charakterisierung fester Verunreinigungen in Schmierölen und Schmierfetten - Teil II. Schmierungstechnik, Berlin 15 (1984) 5, S. 140-144.