

Ölüberwachung – Quo vadis?

Rüdiger Krethe, OilDoc GmbH



Lizenziert für Gast am 23.10.2023 um 12:04 Uhr

Die zur Überwachung von Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten zur Verfügung stehenden Verfahren lassen sich nach dem Ort der Anwendung in drei Gruppen unterteilen:

- › In einem externen, d. h. von der zu prüfenden Anlage entfernten Labor (In-Lab)
- › Mit einem mobilen Messgerät, direkt an der zu prüfenden Anlage (On-Site)
- › Mit einem permanent in die Anlage integrierten Sensor (online)

Im Zuge der nächsten Stufe der industriellen Revolution (Industrie 4.0) werden Digitalisierung und Vernetzung auch in der Ölüberwachung immer weiter vorangetrieben. Bereits seit einigen Jahren sind Öl-Sensoren verfügbar, die sich in einigen Bereichen mangels Erfahrungen und Konzepten nur schleppend durchsetzen, während andere Bereiche Vorreiter bei der Umsetzung von „Ölüberwachung 4.0“ sind.

Dieser Beitrag kann und soll das Gebiet der Online-Überwachung von Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten nicht umfassend darstellen. Es soll den Leser zum Thema hinführen und ihm durch pragmatische, praxisorientierte Hinweise den Einstieg in diese Welt erleichtern.

Zunächst werden die drei Gruppen pragmatisch miteinander verglichen, bevor dann auf einzelne Verfahren und Sensoren eingegangen wird.

Online, On-Site oder In-Lab

Öl-Proben, die in einem darauf spezialisierten Labor untersucht werden („In-Lab“), müssen vor Ort ent-

nommen werden, mit ausreichenden Informationen zur Probe, der Anwendung und dem Grund der Analyse ans Labor versandt werden. Innerhalb von wenigen Tagen erhält der Absender den Laborbericht mit den Ergebnissen und einer darauf basierenden Diagnose, die gegebenenfalls in einer Handlungsempfehlung mündet.

„On-Site“ bedeutet, entweder ebenfalls eine Öl-Probe zu entnehmen und mit mobilen Prüfgeräten zu analysieren oder ein Prüfgerät kurzzeitig mit dem Öl-System zu verbinden und kurzzeitig online zu analysieren. Auf diesem Wege kann zeitnah eine Diagnose erstellt werden. Die Untersuchungen können sowohl vom Personal des Anlagenbetreibers vorgenommen werden als auch von darauf spezialisierten Dienstleistungsunternehmen.

„Online“ heißt, dass ein Sensor permanent mit dem System verbunden ist. So kann die Messgröße praktisch pausenlos ermittelt (an dieser Stelle sei der Begriff „Echtzeitmessung“ großzügig ausgelegt), in Datenbanken abgelegt und ausgewertet werden. Die Bewertung kann sowohl vom Sensor-System selbst als auch durch externe Routinen oder externe Dienstleister erfolgen.

Die prinzipiellen Vor- und Nachteile dieser drei Gruppen sind in Tabelle 1 auf der Folgeseite dargestellt.

Die Untersuchung von Öl-Proben in einem darauf spezialisierten Labor erlaubt es, eine ganze Reihe präziser, meist nach international anerkannten Standards arbeitender Testgeräte miteinander zu kombinieren. Der hohe Probendurchsatz derartiger Labors führt trotz der hohen Kosten für die Beschaffung und den Betrieb dieser Messgeräte zu niedrigen Kosten

	In-Lab (externer Dienstleister)	On-Site (Internes IH-Personal)	Online (integrierter Ölsensor)
Investitionskosten (Beschaffung + Installation)	Niedrig	Mittel	Hoch
Response-Zeit (Wartezeit bis zum Ergebnis)	Hoch	Niedrig	Sehr niedrig
Anzahl kombinierbarer Testverfahren (Testumfang)	Hoch	Mittel	Mittel
Standardisierte Prüfverfahren (Vergleichbarkeit)	Hoch	Mittel	Mittel
Kontakt zum Öl und zum System	Kurz	Kurz	Permanent
Einfluss Probenentnahme	Hoch	Hoch	-
Einfluss Einbauort	-	-	Hoch
Kontakt zum IH-Personal (Informationen, Fragen)	Niedrig	Hoch	Mittel*)
Berücksichtigung lokaler Besonderheiten (Vor-Ort-Eindruck)	Niedrig	Hoch	Mittel*)

Tabelle 1 *) Abhängig von der Implementation

pro Probe für den Anwender. Gleichzeitig stehen Experten dem Anwender für Fragen wie beispielsweise der Auswahl geeigneter Prüfverfahren als auch für Rückfragen zum Laborbericht zur Verfügung. Moderne Ölanalyse-Laboratorien bieten einen 24-h-Service an, d.h., der Laborbericht wird 24 Stunden nach dem Eintreffen der Probe per Mail übermittelt.

Die technischen Möglichkeiten zur Vor-Ort-Prüfung von Schmierstoffen haben sich in den letzten Jahren erheblich verbessert. Bis auf wenige Ausnahmen gibt es praktisch für jeden typischen Kennwert der Ölüberwachung Geräte, die dessen Bestimmung vor Ort erlauben. Die Bandbreite der verfügbaren Geräte reicht von klassischen „Handheld“-Geräten in Smartphone-Größe über etwas größere Geräte mit vereinfachten „Screening“-Prüfverfahren bis hin zu portablen, den klassischen Laborgeräten ähnlichen Instrumenten. Hervorzuheben ist der direkte Kontakt zur Anlage und zum Betreiber. Die On-Site-Interpretation der Ergebnisse erfordert ein hohes Level an Erfahrung.

Öl-Sensoren sind prädestiniert für die „Ölüberwachung 4.0“. Im pragmatischen Vergleich zwischen den drei Gruppen erlaubt der Sensor über die Kombination der Schnelligkeit und der praktisch lückenlosen Messwertkette am besten die Erfassung plötzlicher, zufälliger Ereignisse und die kürzeste Reaktionszeit. Des Weiteren ist die Einbindung in bestehende Überwachungs- und Steuerungssysteme einfach machbar. Die Wahl, welche Sensoren zum Einsatz kommen und wie die Bewertung der Ergebnisse erfolgt, setzt ein solides Wissen über die Anwendung und Sensorsysteme voraus.

Was bei der In-Lab- oder On-Site-Überwachung die Probenentnahme ist, das ist bei der Sensor-Anwendung die Wahl des Einbauortes und der Einbau-

bedingungen. Diesbezügliche Hinweise der Sensorhersteller sind, falls verfügbar, unbedingt zu beachten.

Sensor-Typen

Eine Darstellung aller marktverfügbaren Sensor-Typen würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Hier sei auf andere Quellen verwiesen /01/. An dieser Stelle wird lediglich auf eine Auswahl der oft Anwendung findenden Sensor-Typen zur Überwachung von Verunreinigungen und des Ölzustandes eingegangen.

1. Partikelzähl-Sensoren

Partikelzähl-Sensoren arbeiten allermeist nach einem der folgenden beiden Messprinzipien

- › Optischer Partikelzähler (z. B. Lichtblockade)
- › Sieb-Blockade-Sensor

Beim Lichtblockade-Prinzip wird die von dem Öl durchströmte Messzelle mit einem Laserlicht beaufschlagt. Partikel blockieren das Auftreffen des Laserlichts auf einer hochauflösenden Photozelle. Die mit einem Teststaub kalibrierten Sensoren geben die Reinheitsklasse aus, meist nach ISO 4406 oder auch SAE 4059.

Siebblockade-Sensoren sind mit kaskadiert geschalteten Spezial-Siebfiltren ausgestattet. Die unterschiedliche Feinheit der Siebe produziert je nach Partikelbeaufschlagung spezielle Differenzdrücke, die ausgewertet und mit den Kalibrations-Daten eines Teststaubs abgeglichen werden. Siebblockade-Sensoren werden meist dort eingesetzt, wo die widrigen Be-

Schwerpunktthema | Ölüberwachung – Quo vadis

Gruppe	Prinzip	Aussage/Anwendung
Partikel-Sensoren	Lichtblockade (Laser)	Alle lichtblockierenden Partikel ab einer Größe von 4µm werden erfasst Partikelanzahl und -größe, meist angegeben in Reinheitsklassen nach ISO 4406
	Sieb-Blockade	Alle sieb-blockierenden Partikel ab einer Größe von 4µm werden erfasst Partikelanzahl und -größe, meist angegeben in Reinheitsklassen nach ISO 4406
	Induktiv	Metallische, induktiv wirkende Partikel werden erfasst Partikelanzahl (und ggf. -größe), Auswertung auch pro Zeiteinheit möglich
	Ferromagnetisch	Partikel aus ferromagnetischen Materialien werden erfasst, Partikelanzahl (und ggf. -größe), Auswertung auch pro Zeiteinheit möglich
Wasser-Sensoren	Zeolit/kapazitiv	Kapazitive Ermittlung der relativen Feuchte in wasser-sensitivem Material (Zeolit)
	IR	Infrarot-spektrometrische Ermittlung des absoluten Wassergehaltes
	Leitfähigkeit	Ermittlung des absoluten Wassergehaltes über die Leitfähigkeit
Ölzustands-Sensor	Infrarot, multivariat	Infrarot-spektrometrische Messung und Auswertung anhand chemometrischer Modelle
	Leitfähigkeit	Beurteilung des integralen Ölzustandes durch Veränderungen von Konduktivität und Permittivität
	Viskosität, Ultraschall	Messung der Viskosität anhand der Dämpfung von Ultraschallwellen
	Viskosität, seismisch	Messung der Viskosität anhand der Ausbreitungscharakteristik seismischer Wellen

Tabelle 2

dingungen den Einsatz optischer Partikelzähler nicht erlauben.

2. Verschleißpartikel-Sensoren

In dieser Sensor-Gruppe dominieren ebenfalls 2 verschiedenen Messprinzipien:

- › Induktive Partikelzähler
- › Chip-Detektoren

Nach dem Wirbelstromprinzip arbeitende Partikelzähler erkennen elektrisch leitende Partikel, die in dem den Sensor durchströmenden Flüssigkeits-Strom enthalten sind. Sie erkennen Partikel ab einer Größe von ca. 50µm und sind in der Lage, diese nach ihrer Größe zu klassifizieren. Die Erkennung funktioniert unabhängig von Luft oder Wasser im Öl. Auch Öltemperatur, -farbe, Viskosität und Volumenstrom können variabel sein.

Nach dem ferromagnetischen Prinzip arbeitende Chip-Detektoren üben eine Anziehungskraft auf die ferromagnetischen Partikel aus. Werden die Partikel am Mess-System des Sensors erfasst, blockieren sie

einen elektrischen Kontakt und lösen ein Signal aus. Der Abstand zwischen den Kontakten liegt je nach Sensorhersteller im typischen Bereich von ca. 70 bis 90 µm.

3. Wasser-Sensoren

Sensoren zur Bestimmung des Wassergehaltes werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- › Bestimmung der relativen Feuchte
- › Bestimmung des absoluten Wassergehaltes

Sensoren zur Bestimmung der relativen Feuchte sind mit einer wasser-sensitiven Schicht ausgestattet, die in einer kapazitiv arbeitenden Messzelle angeordnet sind. Verbleibt der Sensor eine ausreichend lange Zeit in dem Öl, stellt sich in dem wassersensitiven Material dieselbe relative Feuchte ein wie in dem Öl. Die Messung des Sättigungsgrades wird auf kapazitivem Wege gemessen.

Zur Messung des absoluten Wassergehaltes haben Infrarot- und Leitfähigkeitssensoren etabliert. Infrarot-Sensoren erfordern einen hohen messtechnischen

Aufwand, erlauben jedoch auch die Ermittlung anderer Ölkennwerte.

Infrarot- und Leitfähigkeits-Sensoren müssen öl-spezifisch auf die Bestimmung des absoluten Wassergehalts kalibriert werden. Zu beachten ist, dass bei einem sehr hohen Wassergehalt in den meisten Hydraulik- und Schmierölen davon auszugehen ist, dass sich das Wasser nicht homogen im System verteilt.

4. Ölzustands-Sensoren

Der Ölzustand kann nicht hinreichend genau durch eine Einzelkenngröße erfasst werden, Veränderungen des Ölzustandes hingegen schon. Sei es nun der Anstieg der Viskosität, der Öloxidation oder des Rußgehaltes, so ist deren Einfluss auf den Ölzustand gut bekannt. Die Änderung der elektrischen oder der dielektrischen Leitfähigkeit ist ebenfalls ein guter Indikator, dass sich etwas verändert hat. An dieser Stelle sollen nur einige der marktverfügbaren Sensoren dargestellt werden.



Bild 1: IR-basierter Ölzustandssensor MIRST zur Inline-Überwachung von Schmierölen (Spectrolytic GmbH, Wernberg-Köblitz)

4.1. Infrarot-Sensoren

IR-Sensoren arbeiten in der Regel mit Filtern und erfassen die Ölveränderungen im Vergleich zu den Laborgeräten nur an einer begrenzten Anzahl an Messpunkten bzw. Wellenzahlen. Abgestimmt auf den Öltyp und die zu erwartenden Ölveränderungen, unterstützt durch chemometrische Modelle sind sie gut geeignet, die Ölveränderungen abzubilden. So können sie beispielsweise auf folgende Ölveränderungen ausgelegt werden:

- › Oxidation, Nitration oder Sulfation
- › Abbau bestimmter Additive
- › Veränderung von Viskosität, Säure- oder Basenzahl (chemometrische Modelle)

4.2. Leitfähigkeits-Sensoren

Die meisten Schmier- und Hydraulikflüssigkeiten sind praktisch nichtleitend. Trotzdem besitzen sie eine, wenn auch sehr geringe Leitfähigkeit. Die Leitfähigkeit des Frischöls ist hauptsächlich vom Grundöltyp und der Additivierung abhängig. Sie ändert sich während des Einsatzes sowohl durch Ölalterung, z. B.



**SAUBERES ÖL -
PROFESSIONELLER SERVICE**
WIR BIETEN INDIVIDUELLE LÖSUNGEN!

„



- Ölanalytik
- Ölfiltration
- Öltrocknung
- Varnishbehandlung
- Systemoptimierung oder Revision
- kompletter Ölsysteme

Braun Fluidservice GmbH
 Kissinger Weg
 59067 Hamm
 Fon: +49 (0) 2381 94 34 87 0
 info@bfs-fluidservice.de
 www.bfs-fluidservice.de

Säurebildung oder Additivreaktionen, als auch durch Verunreinigungen wie beispielsweise Wasser. Auf diesem Wege ist die Leitfähigkeit, ob elektrisch oder dielektrisch, ein sehr gut geeigneter Wert, integrale Ölveränderungen zu detektieren und beispielsweise in einem einfachen Ampelsystem anzuzeigen.

4.3. Viskositäts-Sensoren

Zur Überwachung der Viskosität finden verschiedene Prinzipien Anwendung, z. B.:

- › Ultraschall-Sensoren (Biegeschwinger)
- › Seismische Sensoren

Die Sensoren sind auf den Viskositätsbereich abzustimmen. Die gemessene Viskosität wird anhand der zeitgleich erfassten Temperatur auf eine genormte Bezugstemperatur umgerechnet, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

5. Multi-Parameter-Systeme

Durch die Kombination von Sensoren können mehr Aspekte der Ölalterung erfasst werden. Dadurch wird die Aussagekraft deutlich erhöht. Derartige Systeme erfassen beispielsweise folgende Kennwerte:

- › Temperatur

Schwerpunktthema | Ölüberwachung – Quo vadis

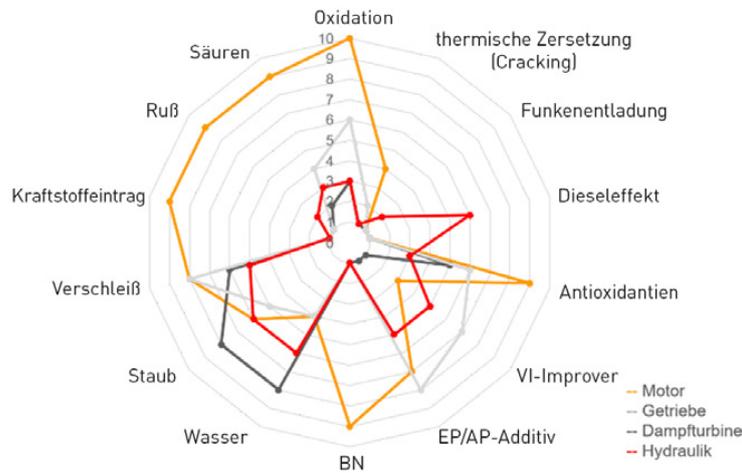


Bild 2: Typische Alterungskenngrößen verschiedener Anwendungen

- › Leitfähigkeit
- › Viskositätsänderungen
- › Relative Feuchte
- › Partikel / Reinheitsklasse

Die Trendbewertung der Parameter erlaubt eine zuverlässige Zustandsüberwachung der in vielen Systemen stattfindenden generellen Ölveränderungen. Im Prinzip gilt: Je mehr Kennwerte erfasst werden, umso besser die Aussagekraft.

Multi-Parameter-Sensor-Systeme werden zukünftig eine größere Rolle spielen. Eine weitere Senkung der Investitionskosten und kundenorientierte Unterstützung bei der Integration der Sensoren in die bestehenden Systeme und bei der Auswertung der Kennwerte sind dazu notwendig.

Praktische Hinweise

Angesichts der Vielzahl verfügbarer Prüfverfahren, ob nun In-Lab, On-Site oder Online, stellt sich dem Anwender schnell die Frage, welches er nun bevorzugen soll oder welche Lösung die beste ist.

Eine bewährte Herangehensweise fängt mit der Anwendung und den Randbedingungen an. Ganz gleich, ob am Ende die Laboranalyse, das On-Site-Messgerät oder ein Sensor zum Einsatz kommt, gibt die Anwendung vor, welcher Kennwert zu prüfen ist.

Öle altern in verschiedenen Maschinen sehr unterschiedlich. Bild 2 zeigt, wie verschieden die Relevanz einzelner Kenngrößen für die Ölüberwachung sein kann.

Nachfolgende Fragen dienen dazu, zunächst den Fokus auf die von der Anwendung gestellten Anforderungen zu legen und diese nach Relevanz für systemkritische oder sicherheitsrelevante Veränderungen zu bewerten:

- › Welche Alterungsmechanismen und Verunreinigungs-Szenarien sind zu erwarten?
- › Welche Folgen haben diese bzw. welche davon sind wie kritisch?
- › Welche Alterungsmechanismen sind anhand welcher Kennwerte bzw. Sensoren/Prüfmethoden erfassbar?
- › Passen Präzision und Messbereich zu meinen Anforderungen?
- › Was kostet die Überwachung?

Liegen bereits Erfahrung vor, d.h. es ist bekannt, was passiert und es sind lediglich Optimierungen vorzunehmen, kann das entsprechend abgekürzt werden, indem mindestens die letzten drei Fragen auf die Problemfelder angewandt werden.

Klassische Ölkennwerte wie z.B. die Viskosität, die Säurezahl und die Öloxidation ändern sich in der Regel kontinuierlich, jedoch allmählich. (Bild 3)

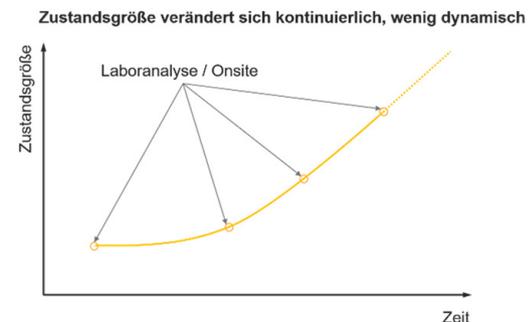


Bild 3: Kontinuierlich und allmähliche Veränderungen

Deren Überwachung ist in der Regel mittels Ölanalysen, die in regelmäßigen Abständen in das Labor ge-

schickt werden, einfach und kostengünstig zu realisieren.

Verändert sich eine Messgröße jedoch sehr dynamisch und nicht kontinuierlich, in vorher nicht bekannten Abständen, ermöglichen Laboranalysen keine zuverlässige Erfassung (Bild 4). Das ist übrigens weniger eine Frage des Prüfverfahrens als der Probenentnahme.

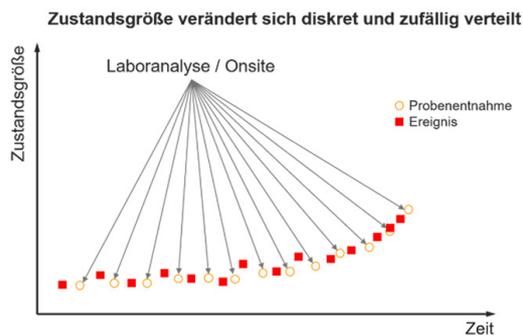


Bild 4: Diskrete Veränderungen, zufällige, ggf. in Betrag und Häufigkeit zunehmend

In diesem Fall kann nur eine permanente Online-Überwachung zuverlässig und frühzeitig die Veränderungen detektieren, indem nicht nur das Einzel-Ereignis erfasst wird, sondern im Abgleich mit der Historie sowohl eine Zunahme der Häufigkeit erfasst als des Betrags der Kenngröße.

Fazit

Jede Anwendung produziert über die Art(en) und die Charakteristik(en) der Beanspruchung(en) ein eigenes, spezifisches Alterungsszenario. Kein einzelnes Prüfverfahren, ob nun im Labor oder Online, kann alle möglichen Veränderungen erfassen. Es kommt stets auf die richtige Kombination und die anwendungsorientierte Verknüpfung der erfassten Veränderungen bei der Bewertung an. Sowohl für Ölanalysen als auch Sensoren gilt: Je mehr Werte erfasst werden, umso besser kann das Bild der komplexen Ölveränderungen abgebildet werden.

Die Laboranalyse bietet eine Vielzahl von Parametern zu niedrigen Kosten inklusive Bewertung an, die Response-Zeit ist jedoch für zeitkritische Anwendungen trotz 24-h-Service hoch. Online-Sensoren bieten eine lückenlose Überwachung praktisch ohne zeitliche Verzögerung an, können aber die Vielzahl der Parameter einer Laboranalyse nicht wirtschaftlich abbilden.

Steigern Sie Ihre Prozesssicherheit

Automatisierung. Produktivitätssteigerung. Kostenreduktion.



JOKISCH SMART FLUID MONITORING

- Die skalierbare Lösung im Fluidmanagement
- Vom innovativen digitalen Emulsionsmischer bis zum vollautomatischen Messsystem
- Modular erweiterbar bis zur Vollautomatisierung
- Automatisierung der manuellen Arbeitsschritte
- Erhebliche Kostenreduktion im Fluidmanagement

IHRE VORTEILE

- Visualisierung der Verbrauchswerte im Analyseportal
- Prozesssicherheit erhöhen und Betriebskosten senken
- Werkzeug- u. KSS-Standzeiten verlängern
- Oberflächengüte verbessern

STARTEN SIE IHRE DIGITALE REISE MIT DER JOKISCH SERVICE-APP

- digitale Dokumentation der Messparameter
- Analyse und Auswertung der Messergebnisse inkl. Maßnahmenkatalog
- Messergebnisse können einfach und schnell zur weiteren Analyse an unser Labor geschickt werden



PROFESSIONELLER INSTALLATIONS- UND WARTUNGSSERVICE

- Von der Finanzierung bis zur Installation und Wartung - alles aus einer Hand -> Schnell, Flexibel, Clever.
- 360° Service um Ihre Prozesssicherheit zu gewährleisten
- Auf Wunsch übernehmen unsere Experten für Sie die komplette KSS-Fernüberwachung



Sprechen Sie uns an!

Wir beraten Sie und erstellen Ihnen ein individuelles Angebot
Weitere Informationen erhalten Sie über den QR-Code



Jokisch GmbH
 Fabrik für Schmier- und Kühlmittelspezialitäten
 Industriestraße 5-10 | 33813 Oerlinghausen
 T +49 52 02. 97 34 0 | F +49 52 02. 97 34 49
 smartfluids@jokisch-fluids.de | www.jokisch-fluids.de

Labor, On-Site- und Online-Verfahren ergänzen sich deshalb sehr gut, um den verschiedenen Anforderungen an die Zuverlässigkeit, die Nachweisgrenzen, die Digitalisierung, die Zeitspanne zwischen Prüfung bzw. Probenentnahme und Ergebnis und nicht zuletzt auch der Kosten zu genügen.

Quellen:

- [1] Teilnehmer-Unterlagen zum Symposium „Öl-Sensoren“, 14./15. Mai 2019, OilDoc GmbH, Brannenburg
- [2] Krethe, R.: Handbuch Ölanalysen, expert-Verlag 2020, ISBN 978-3816934998 **X**

Eingangsabbildung © OELCHECK GmbH