



RÜDIGER KRETHER

Handbuch Ölanalysen

expert ›



Das Synonym für Ölpflege

Präventiv Instandhalten



CJC® ÖLPFLEGE IM NEBENSTROM



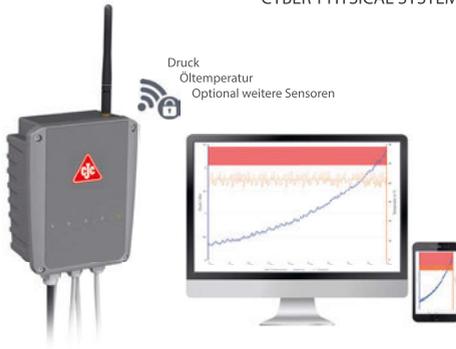
- » FEIN- UND TIEFFILTRATION
+ lange Kontaktzeit von Filtermaterial und Öl
+ extrem hohe Schmutz- und Wasseraufnahme
- » EFFIZIENTE ÖLPFLEGE
+ keine chemische oder energetische Belastung
+ verbesserte Langzeitwirkung der Additive
- » 100 % ZELLULOSE
+ CO₂- und O₂-Bilanz verbessern
+ einfache Entsorgung ohne zusätzliche Belastung für die Umwelt

- » PARTIKEL
+ Reinheitsklassen bis ISO 12 (ISO 4406) sichern
- » FREIES UND GELÖSTES WASSER
+ Wassergehalt < 100 ppm verbessern
- » VARNISH UND ÖLABBAU
+ MPC-Wert < 5 erzielen
- » SÄUREN
+ absorbieren/neutralisieren und vorbeugen

CJC® ALL-IN-ONE-SYSTEM OPTIMALER KOMPONENTENSCHUTZ



CJC® CPS CYBER-PHYSICAL SYSTEM



- » AUTOMATISCHES MONITORING
+ Reduzierung von administrativem Aufwand
+ Sicherung höchster Ölreinheiten
- » PREDICTIVE MAINTENANCE
+ Indikator für Anomalien
+ Vermeidung ungeplanter Stillstände
- » AUTARK & INDIVIDUELL MODIFIZIERBAR
+ kundenspezifische Sensoren
+ schnell und einfach nachrüstbar



www.cjc.de

Rüdiger Krethe

Handbuch Ölanalysen

expert ›

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über

<http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Bildrechte, soweit nicht anders angegeben: OELCHECK GmbH oder OilDoc GmbH, Brannenburg.

© 2020 · expert verlag GmbH

Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren der Herausgeber übernehmen deshalb eine Gewährleistung für die Korrektheit des Inhaltes und haften nicht für fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Internet: www.expertverlag.de

eMail: info@verlag.expert

Printed in Germany

ISBN 978-3-8169-3499-8 (Print)

ISBN 978-3-8169-8499-3 (ePDF)



OilDoc



Öl kann sprechen. Lernen Sie seine Sprache.



Schwerpunkte: Schmierung · Tribologie · proaktive Wartung · Öl- und Zustandsüberwachung · Verschleißkontrolle · Schadensfrüherkennung · Optimierung von Ölwechselintervallen · Ölanalytik & vieles mehr



Seminare

Seminare, die als Zertifikatskurse (z. B. CLS, MLA I & II, LLA), Weiterbildungsreihen, offene und maßgeschneiderte interne Schulungen angeboten werden. Präsentiert von erfahrenen Trainern mit praktischem Know-how und technisch aktuellem Wissen.



Online-Trainings

Lernen im Virtuellen Klassenzimmer - entweder als interaktiver Live-Stream oder als on-demand Videoaufzeichnung. Möglich als offene Online-Trainings oder individuelle Coaching. Kostengünstig, bequem und von ausgebildeten Online-Trainern gestaltet.



Beratung

Individuelle Beratung über Telefon/E-Mail oder vor Ort sowie spezielles Troubleshooting durch renommierte und zertifizierte Experten zu Fragen der Schmierung, des Schmierstoffeinsatzes, dem Schmierstoffmanagement und der Zustandsüberwachung.



Konferenzen

OilDoc organisiert Konferenzen und Symposien für erfahrene Ingenieure, Anwendungsexperten und Wissenschaftler aus der ganzen Welt. Die Veranstaltungen sind bekannt für hohen Praxisnutzen, gutes Networking und professionelle Abläufe.



OilDoc GmbH
Kerschelweg 29
83098 Brannenburg



+49 8034-9047-700
+49 8034-9047-747



info@oildoc.com
www.oildoc.com



Öl kann sprechen

Wir verstehen die Botschaft



-  **Wartungsintervall Ihrer Maschinen optimieren**
-  **Lebensdauer Ihrer Maschinen verlängern**
-  **Kosten sparen**
-  **Umwelt schonen**

UNTERSUCHT WERDEN



Schmieröl



Schmierfette



Kühl- und
Frostschutzmittel



Diesel-
Kraftstoffe

WIR LIEFERN



OELCHECK-Probengefäß
mit farbigem Deckel
Deckelfarbe = Untersuchungsumfang



Probenbegleitschein
mit selbstklebender Labornummer und
Abschnitt zur Proben-Rückverfolgung



Auslaufsicherer Versandumschlag
mit UPS-Rückholschein
(innerhalb Deutschlands kostenfrei)

SIE ERHALTEN



Labor-
untersuchungen
innerhalb eines Tages



Diagnose der Laborwerte
in Deutschland durch
erfahrene Tribologen



Laborbericht mit bis zu
50 Laborwerten, Bildern,
Trendverlauf und Diagnose

LEISTUNGEN INKLUSIVE



Technische Hotline
+49 8034 9047-210
ta@oelcheck.de



Onlinezugang
mit allen Laborergebnissen
www.lab.report



Online-Probeneingabe
mit QR-Code oder App

www.oelcheck.de

Inhalt

Ein Buch schreibt sich nicht (von) allein.....	11
Öl kann sprechen	13
Ein Buch - unterschiedliche Leser	15
1 Was Ölanalysen erfolgreich macht	17
1.1. Die erfolgreiche Ölanalyse	18
1.1.1. Fragestellung und Prüfumfang	19
1.1.2. Probenentnahme und Versand	22
1.1.3. Das Labor	23
1.1.4. Der Laborbericht	25
1.2. Ölanalysen erfolgreich organisieren	26
1.2.1. Schmierungsprogramm nach ICML 55.1	26
1.2.2. Integration von Ölanalysen ohne spezielles Programm	27
1.2.3. Checkliste zur Beauftragung von Ölanalysen	28
2 Probenentnahme und Versand	31
2.1. Wann: Zur rechten Zeit	32
2.2. Wo: Der richtige Ort	34
2.3. Wie: Die richtige Methode	35
2.4. Wo hinein: Der geeignete Probenbehälter	37
2.5. Welche Angaben: Informationen für das Labor	38
3 Das Öl in der Maschine	41
3.1. Grundölabbau	43
3.1.1. Oxidation	44
3.1.2. Thermische Zersetzung	46
3.1.3. Hydrolyse	47
3.2. Additiv-Abbau	47
3.2.1. Antioxidantien	49
3.2.2. Neutralisatoren (alkalische Reserve)	51
3.2.3. Detergent-/Dispersants	52
3.2.4. Verschleißschutz	52
3.2.5. VI-Verbesserer	53
3.2.6. Anti-Schaum-Zusätze	53

3.3.	Verunreinigungen	54
3.3.1.	Feste Verunreinigungen	55
3.3.2.	Luft im Öl	56
3.3.3.	Wasser	59
3.3.4.	Kraftstoff im Öl	61
3.3.5.	Soft Contaminants	61
3.4.	Schmierfähigkeit	61
4	Prüfverfahren	63
4.1	Prüfverfahren kurz und bündig	64
4.2.	Basisanalyse	72
4.2.1.	Elementanalyse	72
4.2.2.	PQ-Index	75
4.2.3.	Infrarot-Spektroskopie	76
4.2.4.	Viskosität und Viskositätsindex	80
4.2.5.	Visuelle Beurteilung	85
4.3.	Säuren und Basen	86
4.3.1.	pH-Wert	86
4.3.2.	Säurezahl (Neutralisationszahl, Acid Number AN)	87
4.3.3.	Strong Acid Number (SAN) und ipH-Wert	90
4.3.4.	Basenzahl (BN)	92
4.3.5.	Reservealkalität	95
4.4.	Partikel in Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten	95
4.4.1.	Reinheitsklassen	97
4.4.2.	Beschreibung wichtiger Prüfverfahren	101
4.5.	Flüssige Verunreinigungen	106
4.5.1.	Wasser	106
4.5.2.	Wasserabscheidevermögen (Dampfbehandlung)	112
4.5.3.	Wasserabscheidevermögen (Demulgiervermögen)	113
4.5.4.	Kraftstoffgehalt	114
4.5.5.	Frostschutzmitteleintrag	115
4.6.	Luft im Öl	116
4.6.1.	Luftabscheidevermögen	117
4.6.2.	Schaumverhalten	118
4.7.	Verfahren zur erweiterten Beurteilung des Ölzustands	119
4.7.1.	RULER-Test	121
4.7.2.	RPVOT-Test	123
4.7.3.	MPC-Test	124
4.7.4.	Flammpunkt	125
4.7.5.	Koksrückstand nach Conradson	126

- 4.7.6. Farbzahl 127
- 4.7.7. Dispergiervermögen 128
- 4.8. Prüfverfahren für Isolierflüssigkeiten 129
 - 4.8.1. Durchschlagspannung 129
 - 4.8.2. Dielektrischer Verlustfaktor 130
 - 4.8.3. Grenzflächenspannung 131
 - 4.8.4. Gas-in-Öl-Analyse (DGA) 131
 - 4.8.5. Furfurol-Gehalt / Furane 133
 - 4.8.6. PCB-Gehalt 135

- 5 Prüfverfahren für Schmierfette im Überblick 137
 - 5.1. Prüfverfahren für Schmierfette kurz und bündig 137
 - 5.2. Beschreibung einzelner Prüfverfahren für Schmierfette 140
 - 5.2.1. Elementanalyse 140
 - 5.2.2. PQ-Index 142
 - 5.2.3. IR-Spektroskopie 142
 - 5.2.4. Wassergehalt 144
 - 5.2.5. Tropfpunkt 144
 - 5.2.6. Penetration und Konsistenzklasse 145
 - 5.2.7. Scherviskosität 149
 - 5.2.8. Ausblutverhalten („Restölgehalt“ mittels Siemens-Ring) 150
 - 5.2.9. Säurezahl AN 151
 - 5.2.10. Sulfatasche 151
 - 5.2.11. RULER 152
 - 5.2.12. Verunreinigungen (Visuelle Prüfung) 153
 - 5.2.13. Analytische Ferrographie 153
 - 5.2.14. Ölabscheidung 154

- 6 Analysen zur Überwachung von Kühlerfrostschutzmitteln 155
 - 6.1. Prüfverfahren für Kühlerfrostschutzmittel kurz und bündig 155
 - 6.2. Beschreibung einzelner Prüfverfahren für Kühlerfrostschutzmittel ... 157
 - 6.2.1. Brechungsindex 157
 - 6.2.2. Dichte 158
 - 6.2.3. Elementanalyse (ICP) 158
 - 6.2.4. Gehalt organischer Säuren (HPLC) 159
 - 6.2.5. Anionen-Gehalt (IC) 160
 - 6.2.6. pH-Wert 161
 - 6.2.7. Reserve-Alkalität 162
 - 6.2.8. Visuelle Kontrolle 163

- 7 Bewertung von Analyse-Ergebnissen 165
 - 7.1. Vorgehensweise 166

7.2.	Grenzwerte (Limitwerte)	168
7.2.1.	Typen von Grenzwerten	169
7.2.2.	Besonderheiten verschiedener Öl-Typen	171
7.2.3.	Muster-Erkennung	172
7.3.	Grenzwerte gewinnen	173
7.4.	Grenzwert-Beispiele für verschiedenen Anwendungen	174
7.4.1.	Hydrauliköl einer Spritzgießmaschine	175
7.4.2.	Hydrauliköl einer Umformpresse	176
7.4.3.	Konventionelles Hydrauliköl eines Mobilbaggers	177
7.4.4.	Bio-Hydrauliköl eines Mobilbaggers	178
7.4.5.	Getriebes des Hauptgetriebes einer Windkraftanlage	179
7.4.6.	Schneckengetriebe einer Kollermühle	180
7.4.7.	Getriebeöl des Achsgetriebes eines Radladers	181
7.4.8.	Getriebeöl des Endantriebs einer Planierraupe oder eines Baggers	182
7.4.9.	Motorenöl des Dieselmotors eines Radladers	183
7.4.10.	Motorenöl des Dieselmotors eines LKW im Fernverkehr	184
7.4.11.	Motorenöl des Dieselmotors eines Notstrom-Aggregates	185
7.4.12.	Motorenöl des Dieselmotors eines PKW	186
7.4.13.	Motorenöl des Ottomotors eines PKW	187
7.4.14.	Motorenöl des Bio-Gasmotors eines BHKW	188
7.4.15.	Motorenöl des Erdgas-Motors eines BHKW	189
7.4.16.	Schmieröl einer Dampfturbine	190
7.4.17.	Steuer-Hydrauliköl einer Dampfturbine	191
7.4.18.	Schmieröl eines Turboverdichters	192
7.4.19.	Schmieröl eines Schraubenverdichters zur Druckluftherzeugung	193
8	Ölanalysen praktisch	195
8.1.	Hydrauliköl eines Mobilbaggers	196
8.2.	Bio-Hydrauliköl aus einem Mobilbagger	198
8.3.	Hydrauliköl einer Spritzgießmaschine	200
8.4.	Hydrauliköl einer Umformpresse	202
8.5.	Getriebeöl des Fahrgetriebes einer Planierraupe	204
8.6.	Achsgetriebeöl eines Radladers	206
8.7.	Getriebeöl eines Rührwerk-Antriebs in der Lebensmittelproduktion	208
8.8.	Industriegetriebe eines Walzgerüsts	210
8.9.	Dieselmotor einer Lokomotive	212
8.10.	Dieselmotor einer Baumaschine	214
8.11.	Ottomotor eines PKW	216
8.12.	Bio-Gasmotor	218
8.13.	Erdgasmotor	220
8.14.	Schmieröl einer Dampfturbine	222

8.15.	Schmieröl einer Gasturbine	224
8.16.	Schmieröl eines Turbokompressors	226
8.17.	Schmieröl eines Luft-Schraubenkompressors	228
8.18.	Isolieröl aus einem elektrischen Leistungstransformator	230
8.19.	Kühlerfrostschutzmittel aus einem PKW-Ottomotor	232
9	Laboranalyse, Vor-Ort-Check oder Online-Sensor	235
9.1.	Online, On-Site oder In-Lab	235
9.1.1.	In-Lab-Ölüberwachung	236
9.1.2.	On-Site-Ölüberwachung	238
9.1.3.	Online-Ölüberwachung	240
9.2.	Sensor-Typen	241
9.2.1.	Partikel-Sensoren	242
9.2.2.	Wasser-Sensoren	243
9.2.3.	Ölzustands-Sensoren	244
9.3.	Online, On-Site, in-Lab: Was ist möglich	248
9.4.	Praktische Hinweise	249
9.4.1.	Welcher Kennwert soll überwacht werden	249
9.4.2.	Die zu überwachende Kenngröße im Fokus	250
9.5.	Big Data – Über den Tellerrand hinausschauen	252
9.6.	Schlussfolgerungen	253
10	Wissen von A bis Z	255
11	Verzeichnis der zitierten Standards und Normen	265
11.1.	DIN, DIN EN, DIN ISO, EN	265
11.2.	ISO	267
11.3.	ASTM	268
11.4.	Sonstige Normen	270
12	Literaturhinweise	271
12.1.	Literaturquellen	271
12.2.	Weiterführende Literatur	272
12.3.	Feedback und wie Sie auf dem Laufenden bleiben	273
	Register	
	Abbildungsverzeichnis	279
	Tabellenverzeichnis	283

Ein Buch schreibt sich nicht (von) allein...

Um ein Buch zu schreiben, braucht es vor allem Dreierlei: Den Inhalt, einen ausdauernden Willen und Zeit. Ohne die Unterstützung Dritter kommt in den allerwenigsten Fällen alles dafür Notwendige zusammen.

Barbara und Peter Weismann gaben mir die Möglichkeit, mich mit Schmierstoffen und deren Überwachung über Jahrzehnte hinweg intensiv zu befassen. Ohne ihre Entscheidung, mich 1996 in ihr Unternehmen zu holen, ohne die vielen Jahre einer sehr fruchtbaren Zusammenarbeit und ihre Ermutigung wäre dieses Buch nicht entstanden. Ihr in mich gesetztes Vertrauen übertrug sich nahtlos auf die nächste Familien-Generation, Petra Bots und Paul Weismann, die mich in meinem Vorhaben ebenfalls unterstützt haben. Nicht nur dieses Buch, auch viele meiner Vorträge, Fachartikel etc. wären ohne ihre Inspiration und Hilfe bei der grafischen Gestaltung weitaus farbloser geworden. Ihnen sei deshalb an erster Stelle gedankt.

Als Maschinenbauer immer wieder in die Welt der Schmierstoffchemie und die Analytik einzutauchen, macht mir nach wie vor Freude. Ohne meinen geschätzten, langjährigen Kollegen, Herrn Dr. Fischer, wäre dieser Weg um einiges steiniger und sicher auch weitaus weniger erfolgreich geworden. Vielen Dank für seine Geduld, sich immer wieder auf meine Fragen einzulassen und die Herausforderung des Spagats zwischen einer einfachen Darstellung komplexer Sachverhalte und fachlicher Korrektheit anzunehmen.

Ohne das Technik-Team von OELCHECK hätten viele Beispiele nicht den Weg in dieses Buch gefunden. Herzlichen Dank für die Hinweise und Anregungen. Der permanente Austausch mit dem Technik-Team, allen voran mit Herrn Carsten Heine, war und ist mir stets ein Gewinn.

Die nicht mehr zählbaren, fruchtbaren Diskussionen mit Maschinenbetreibern, Instandhaltern, Schmierstoff-Ingenieuren, Verkäufern, Maschinenbauern aller Fachbereiche rund um Schmierstoffe, Schmierung, Instandhaltung und Condition Monitoring, die meinen beruflichen Weg bis heute begleiten, möchte ich nicht missen. Ohne sie wäre mein Wissen überschaubar geblieben. Dazu haben sie mir geholfen, den Fokus immer wieder auf das Wesentliche zu legen.

Die letzte Meile, Königsdisziplin der Logistik, ist in etwa mit dem Weg vom Manuskript zum fertigen Buch vergleichbar. Vielen Dank an das Team des expert-Verlags für die professionelle Betreuung auf diesem Weg.

Nicht zuletzt herzlichen Dank an meine Familie für Ihre Nachsicht und Unterstützung, da sie eine um die andere Stunde auf mich haben verzichten müssen.

Rüdiger Krethe

Öl kann sprechen

Schmierstoffe stehen im Brennpunkt unserer täglichen Arbeit. Überall, wo sich etwas dreht, gelagert werden muss, wo Kräfte übertragen werden und Verschleiß zu minimieren ist, sind Schmierstoffe im Einsatz. Ob es um moderne Produktionsanlagen, Fahrzeuge, Baumaschinen oder Kraftwerke geht: Ohne zuverlässige Schmierung ist ein wirtschaftlicher Betrieb undenkbar.

Schmierstoffe wirken im Verborgenen. Einmal in die Anlage eingefüllt, sind sie nicht mehr im Blickfeld. Stunde für Stunde, Tag für Tag versehen sie ihren Dienst. Oft wird dem Betreiber einer Anlage erst bei einer Störung bewusst, wie wichtig dieser Schmierstoff tatsächlich ist.

In der Instandhaltung von Maschinen und Anlagen werden verschiedene Strategien und Management-Methoden benutzt, um die Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Produktivität zu erhöhen. Ein Maschinenelement verursacht durch seinen Ausfall oft Folgekosten, die seinen eigenen, überschaubaren Wert um ein Vielfaches übersteigen. Deshalb werden Wälzlager, Zahnräder, andere Maschinenelemente und Baugruppen intensiv auf Ihren Zustand hin überwacht.

Der Schmierstoff bleibt bei diesen Überlegungen oft im Hintergrund. Zunehmend wächst das Bewusstsein, dass auch der Schmierstoff ein „Maschinenelement“ ist, im Prinzip vergleichbar mit einem Lager, einer Welle oder einem Zahnrad. Schon eine eingeschränkte Funktionalität oder gar ein Ausfall eines kleinen Maschinenelements verursacht immens hohe Folgekosten, die in keinem Verhältnis zu seinem eigenen Preis stehen. Deshalb gehört der Schmierstoff genauso professionell gewartet, überwacht wie ein Maschinenelement und irgendwann auch gewechselt.



Abb. 0.1: Öl kann mehr als Schmierem

Dabei können Schmierstoffe noch viel mehr als „nur“ Schmierer: Öl kann tatsächlich sprechen! Ein Tropfen Öl enthält viele, sehr nützliche Informationen. Diese Informationen berichten zuverlässig

- über den Alterungszustand, z.B. ob das Öl gewechselt werden sollte oder nicht
- über den Verschleiß der von dem Öl geschmierten Maschinenteile
- über Verunreinigungen, die die Lebensdauer des Öls oder das der geschmierten Teile verkürzen

Moderne Laborgeräte bringen diese Informationen anhand einer Ölanalyse zu niedrigen Kosten zu Tage. Dabei lässt sich eine Ölprobe in vielen Fällen entnehmen, ohne die Anlagen zu demontieren, in vielen Fällen sogar, ohne sie außer Betrieb zu nehmen. Das Öl ist also nicht nur Konstruktionselement, sondern zugleich Träger wichtiger Informationen.

Dieses Buch steht Ihnen zur Seite, Ihr Öl professionell über die Schmierung hinaus zu benutzen und die Sprache des Öls zu verstehen: Von der Probenentnahme, dem notwendigen Untersuchungsumfang bis hin zur Bewertung der Ergebnisse oder dem Verstehen des Laborberichts: Wir geben Ihnen Anleitungen, praktische Tipps und Beispiele aus mehr als 20 Jahren professioneller Ölüberwachung.

Es lohnt sich für Sie, Ihr Öl zum Sprechen zu bringen! Wir helfen Ihnen dabei.

Rüdiger Krethe

Ein Buch - unterschiedliche Leser

Wir wollen Sie nicht davon abhalten, dieses Buch von der ersten Seite bis zur letzten zu lesen. Trotzdem kann es Gründe geben, das nicht zu tun! Um Ihnen die Entscheidung zu erleichtern, geben wir Ihnen hier einige Hinweise zu den Inhalten und dem Zweck der einzelnen Kapitel des Buches.

Das **erste** Kapitel zeigt dem Praktiker, was zu beachten ist, um Ölanalysen so deutlich wie möglich zum Sprechen zu bringen. Es ist besonders für diejenigen gedacht, die regelmäßige Ölanalysen bisher noch nicht angewandt haben und die einen schnellen, unkomplizierten Leitfadens als Starthilfe oder als Einstieg brauchen. Das Kapitel wird neben grundsätzlichen Informationen von Übersichten, Checklisten und praktischen Empfehlungen dominiert. Die zum grundlegenden Verständnis nicht notwendigen technischen Details haben wir in die entsprechenden Folgekapitel verbannt.

Das **zweite** Kapitel behandelt Entnahme und Versand von Öl-Proben. Nicht selten werden dabei Fehler gemacht, die auch durch modernste Analysemethoden nicht kompensiert werden können. Dazu kommt, dass zur professionellen Durchführung und aussagekräftigen Bewertung der Analysenergebnisse ein Mindestmaß an Angaben zum geschmierten System, dem Öl und dem Grund der Analyse unerlässlich sind. Wir empfehlen deshalb, dieses Kapitel unbedingt zu lesen. Sie sollten es nur dann auslassen, wenn Sie sich absolut sicher sind, dass Sie die einzelnen Schritte beherrschen.

Das **dritte** Kapitel behandelt, wie sich Schmieröle und Funktionsflüssigkeiten während ihres Einsatzes verändern. Wer Ölanalysen selbst bewerten möchte oder über die Bewertung des Service-Labors hinaus verstehen möchte, ist hier richtig. Wir beschreiben, wie und warum sich Schmieröle verändern und welche Folgen das hat. Sie müssen nicht Chemie studiert haben, um das verstehen zu können. Die Bereitschaft, sich mit dem einen oder anderen Fachwort auseinanderzusetzen zu wollen, ist jedoch von Vorteil.

Das **vierte** Kapitel behandelt die wichtigsten Prüfverfahren, die für gebrauchte (und neue) Schmieröle eingesetzt werden. Ausgehend vom Zweck, der Aussagekraft und dem Anwendungsbereich werden die Verfahren kurz beschrieben. Hinweise zu erforderlichen Probenmengen und Prüfnormen runden die Angaben ab. Die Lektüre dieses Kapitels ist nicht unbedingt notwendig, um Ölanalysen erfolgreich anzuwenden. Wer Ölanalysen selbst bewertet, sollte die Prüfverfahren jedoch kennen. Außerdem soll das Kapitel auch als Nachschlagewerk dienen.

Das **fünfte** Kapitel behandelt in ähnlicher Weise die für Schmierfette typischen Prüfverfahren. Wir haben sie der Einfachheit halber in einem gesonderten Kapitel zusammengefasst. Hier gelten dieselben Empfehlungen zur Lektüre wie für den vorangegangenen Abschnitt.

Das **sechste** Kapitel enthält eine Übersicht und Erläuterung der wichtigsten Prüfverfahren zur Überwachung von Kühlerfrostschutzmitteln. Auch hier gelten die zum vorherigen Abschnitt gegebenen Empfehlungen.

Das **siebente** Kapitel erläutert die grundsätzliche Vorgehensweise zur Bewertung von Ölanalysen. Neben Übersichten und typischen Grenzwerten finden Sie hier, wie sie mit diesen richtig umgehen und wie die einzelnen Laborergebnisse miteinander verknüpft werden müssen. Nur dann zeigen sie ein realistisches Bild der Ölveränderungen und können eine solide Basis zur Empfehlung praxisorientierter Maßnahmen sein.

Das **achte** Kapitel enthält eine Vielzahl von Beispielen zu durchgeführten Ölanalysen aus verschiedenen Anwendungsbereichen. Neben einer kurzen Beschreibung des Anwendungsfalles wird gezeigt und begründet, welcher Prüfumfang gewählt wurde. Die Analyseergebnisse werden anhand des Laborberichtes dargestellt und die Bewertung kurz erläutert. Das Kapitel wendet sich gleichermaßen an den Anwender von Ölanalysen wie auch an den Entscheider oder Schmierstoffberater.

Im Mittelpunkt des **neunten** Kapitels steht die Online-Überwachung von Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten („Ölüberwachung 4.0“). Zunächst wird die Ölüberwachung mittels Ölanalysen mit der Online-Überwachung durch Öl-Sensoren und der On-Site-Überwachung anhand von Vor-Ort-Prüfgeräten pragmatisch verglichen. Die wesentlichen Vor- und Nachteile der Methoden werden gegenübergestellt. Anschließend wird auf einige Typen von Ölsensoren näher eingegangen. Praktische Hinweise runden das Kapitel ab.

Die **nachfolgenden** Kapitel enthalten ein Glossar wichtiger Kennwerte und Fachbegriffe und Verzeichnisse der Bilder und Tabellen sowie der Normen und Literaturquellen.

In jedes Buch würde eine Rubrik passen, wie: „Was ich noch gern geschrieben hätte“. Oder aus Ihrer Sicht gesehen, was Sie noch gern gelesen hätten. Technik und Schmierstoffe entwickeln sich weiter. Prüfmethoden müssen diesem Trend ebenfalls folgen. Doch irgendwann muss ein Buch auch gedruckt werden. Am Schluss des Buches bieten wir Ihnen deshalb verschiedene Möglichkeiten, auf dem Laufenden zu bleiben aber auch, uns auf dem Laufenden zu halten.

1 Was Ölanalysen erfolgreich macht

Was macht ein Werkzeug, eine Lösung, ein Produkt erfolgreich? Oft liegt das Geheimnis darin, dass es sehr gut funktioniert und zugleich einfach anzuwenden ist: Einfach zu verstehen, einfach anzuwenden und genial in seiner Wirkung. Eine Öl-Probe zur Beurteilung des Ölzustandes und gleichzeitig zur Überwachung der Maschine zu nutzen ist ein solches Werkzeug.

Erfolgreiche Rezepte werden gerne durch Mund-zu-Mund-Propaganda weitergegeben. Eine Form der Werbung, die an Effektivität und Glaubwürdigkeit kaum zu übertreffen ist. Regelmäßige Ölanalysen fristeten vor 25 Jahren in Deutschland in weiten Anwendungsbereichen eher ein Schattendasein. Als vor 25 Jahren das OELCHECK-Labor startete, arbeiteten dort 2 Mitarbeiter und analysierten pro Tag oft weniger als 10 Öl-Proben. Heute sind dort mehr als 100 Mitarbeiter damit beschäftigt, täglich zwischen 1500 und 2500 Proben aus allen erdenklichen Anwendungsbereichen zu untersuchen und zu beurteilen. Die Tendenz ist nach wie vor steigend. Der überwiegende Teil dieses Wachstums ist durch Mund-zu-Mund-Werbung entstanden.

Trotzdem kommt es vor, dass jemand Ölanalysen ausprobiert und enttäuscht ist: Eigentlich hatte er sich mehr davon versprochen. Erfahrungen zeigen, dass sich in vielen dieser Fälle im Vorfeld Fehler eingeschlichen haben. Auch einfache Dinge können verkehrt laufen! Oft sind es Kleinigkeiten wie ein ungeeignetes Probengefäß, eine unsaubere Probenentnahme oder gar die falsche Testmethode. Eine kleine, aus Unwissenheit begangene Unachtsamkeit kann große Folgen haben.

Die gute Nachricht: Einfache Fehler lassen sich ebenso einfach abstellen, wie sie gemacht werden. Wir möchten Sie vor diesen Fehlern bewahren, das ist das Ziel dieses Abschnitts. Weil es unser Anliegen ist, dass Ölanalysen auch bei Ihnen erfolgreich sind.

Um Ölanalysen so erfolgreich wie möglich zu machen, sind 2 Voraussetzungen zu erfüllen

- Die einzelnen Ölanalysen werden „von A bis Z“ professionell durchgeführt
- Die Ölanalysen sind systematisch in die Instandhaltung der Maschinen und Anlagen integriert

Einerseits steht die Durchführung jeder einzelnen Analyse im Fokus, das tägliche Handwerkszeug: Von der Entscheidung, eine Ölanalyse durchzuführen, über die Probenentnahme bis hin zum Laborbericht und den daraus resultierenden Konsequenzen.

Andererseits können Ölanalysen nur dann wirklich Höchstleistungen vollbringen, wenn sie systematisch in ein zielorientiertes, effektives Betriebsumfeld integriert werden. Mit kurzen Worten: Wenn Ölanalysen nicht nur sporadisch durchgeführt werden, sondern wohlgedacht in die Unternehmens- und Instandhaltungsstrategie integriert sind und deren Ergebnisse durch Ableitung sinnvoller Maßnahmen in den Betrieb „zurückwirken“.

Beide Aspekte werden in diesem Abschnitt behandelt, zunächst der Einfachheit halber das, was den Erfolg der Einzelanalyse sicherstellt. Es soll gezeigt werden, wie Ölanalysen

„funktionieren“ um im zweiten Teil dieses Abschnitts darauf aufbauend deren Einbindung in das Unternehmenskonzept zu zeigen.

1. 1. Die erfolgreiche Ölanalyse

Keine Ölanalyse wird „einfach so“ gemacht. Ölanalysen haben stets einen konkreten Hintergrund. *Das* ist ihr tatsächlicher Anfang. Ölanalysen fangen da an, wo die Frage gestellt bzw. die Idee geboren wurde: Wir brauchen eine Ölanalyse.

Bei der Durchführung von Ölanalysen wird viel Effektivität verschenkt oder gar deren Wirksamkeit stark vermindert, wenn sie, vielleicht aus der Not geboren, aus Unkenntnis und der Eile eines Zwischenfalls geschuldet, nur oberflächlich durchgeführt werden.

Viele Anwender meinen, Ölanalysen beginnen im Labor. Es wird viel Augenmerk daraufgelegt, dass das Labor zertifiziert oder besser akkreditiert ist und die dort arbeitenden Fachleute auch im praktischen Anwendungsgebiet wissen, was sie tun. Das ist zweifellos wichtig! Trotzdem: Ölanalysen beginnen früher, nämlich *bei Ihnen!*

Das mag profan klingen, doch hier liegt nicht selten das Problem. Beispielsweise erreichen das Labor Öl-Proben ohne nähere Angaben, lediglich mit der Aufforderung versehen: „Bitte analysieren Sie die beiliegende Probe! Das Ergebnis senden Sie bitte an Email@Mail-provider.xxx!“ In anderen Fällen sind die mitgelieferten Informationen lückenhaft. Bei einfachen Fragestellungen mögen diese Lücken nicht immer gravierende Auswirkung auf die Beurteilung der Ergebnisse haben, bei komplizierten Problemstellungen oder Schadensfällen sehr wahrscheinlich in erheblichem Maße. Eine Öl-Probe ohne Angaben ist damit vergleichbar, Blut abzunehmen, einen Arzt zu konsultieren und ihm nicht zu sagen, warum er überhaupt aufgesucht wird.

Es ist beispielsweise ein großer Unterschied, ob die Probe aus einer mehrere Tausend Liter fassenden Hochdruckhydraulik mit hochempfindlicher Steuerungstechnik stammt oder aus einem eher selten genutzten, sehr einfach konzipierten Hydraulik-Aufzug. Möglicherweise ist sogar derselbe Öl-Typ im Einsatz. Doch sowohl hinsichtlich der Ölbeanspruchung als auch der Folgekosten eines ungeplanten Stillstandes liegen Welten zwischen den Systemen. Das *muss* Konsequenzen für deren Komponenten, die Auslegung des Systems und der Überwachung haben.

Bild 1. 1 stellt diesen Prozess der Einzelanalyse ganzheitlich dar.

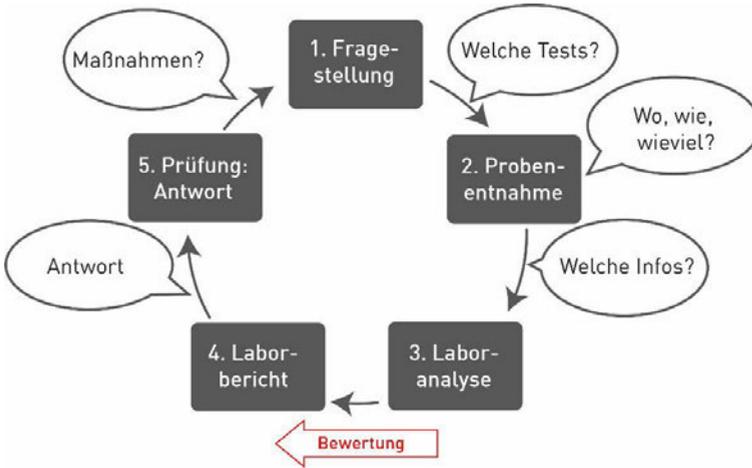


Abb. 1.1: Die Ölanalyse ganzheitlich betrachtet

Wenn Sie das alles nicht lesen möchten oder Ihnen die Zeit dazu fehlt: Sie finden im Abschnitt 1.2.3. eine Checkliste, die Sie durch diesen Prozess führt.

1.1.1. Fragestellung und Prüfumfang

Der Anfang, die konkrete Fragestellung gibt dem Prozess vor, was zu tun ist. Die erste Entscheidung:

- Wie muss das Öl untersucht werden, um eine belastbare Aussage zu bekommen?
- Welche Testmethode(n) können die Frage(n) beantworten?

Der Auslöser für eine Ölanalyse ist nicht unbedingt ein Problem. Zunehmend und aus gutem Grund gehen immer mehr Anwender dazu über, die Schmier- und Hydrauliköle regelmäßig einer Routine-Kontrolle zu unterziehen. Sie haben erkannt, dass wie auch beim Arzt eine regelmäßige Untersuchung viel bessere Möglichkeiten der Früherkennung von potenziellen Problemen bietet als nur ein Hinterherlaufen, wenn es einen Ausfall gegeben hat. Hier ist es mit dem Öl nicht anders als bei Maschinenelementen. Die Kunst besteht darin, das richtige Überwachungsszenario zu finden, proaktiv anstelle reaktiv zu sein.

Routine-Überwachung

Eine regelmäßig durchgeführte Routine-Überwachung hat in der Regel einen überschaubaren und gut definierbaren Umfang. Hilfreich sind hier die Empfehlungen des auf Gebrauchtölanalysen spezialisierten Service-Labors oder Festlegungen der Maschinen- bzw. Anlagenhersteller.

Für typische industrielle Anwendungen wie Hydraulik- oder Umlaufschmieröle haben sich Kombinationen verschiedener Testverfahren bewährt (Bild 1.2).

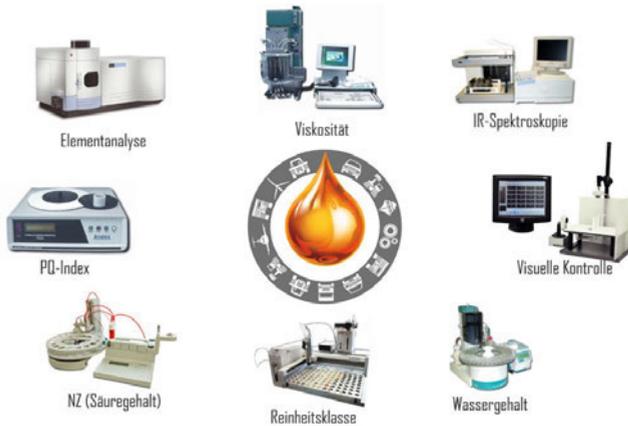


Abb. 1.2: Klassische Parameter zur Überwachung eines Gebrauchtöls

Die wichtigsten Prüfverfahren werden in den Kapiteln 4 (Öle), 5 (Fette) und 6 (Kühlerfrostschutzmittel) behandelt. Neben einer kurzen Beschreibung werden dort auch Aussagekraft und typische Anwendungsbereiche beschrieben.

In der Regel wird eine klassische Basisanalyse mit zusätzlichen Prüfungen erweitert, die auf die konkrete Anwendung abgestimmt sind. Diese werden dem Kunden in Form spezieller „Analyse-Kits“ zur Verfügung gestellt (Bild 1.3).



Abb. 1.3: Test-Kit für Ölanalysen – Probenbehälter, Begleitschein, Versandumschlag, Rückversand-Schein

Diese Test-Kits sind Empfehlungen zur Routine-Überwachung verschiedener Anwendungen. Der jeweilige Umfang basiert auf jahrelangen Erfahrungen und bietet ein hervorragendes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Dem liegt die Devise „So viel analysieren, wie nötig“ zugrunde. So viel, wie zur Überwachung und Früherkennung der üblicherweise für die Anwendung zu erwartenden relevanten Ölveränderungen notwendig ist.

Eine Übersicht der Empfehlungen für Routine-Analysen inklusive typischer Laborberichte ist unter www.oelcheck.de zu finden. Diese Übersicht wird permanent gepflegt, erweitert und aktualisiert. Daher wurde darauf verzichtet, diese hier detailliert darzustellen. Kommentierte Laborberichte zu Ölanalysen aus verschiedenen Anwendungsbereichen sind im Kapitel 8 aufgeführt.

Spezielle Fragestellungen

Es existiert eine große Anzahl verschiedener Testmethoden zur Ölüberwachung. Nicht selten ist eine Methode speziell für eine Anwendung entwickelt worden. Allein der Name der Methode kann ohne Kenntnis dieser Hintergrund-Informationen schnell zu unnötigen Analysen führen. Nicht nur die Kosten sind dabei zu berücksichtigen. Steht z.B. im Schadensfall nur ein begrenztes Ölvolumen zur Verfügung, kann dieses durch unnötige Untersuchungen verschwendet werden. Im ungünstigen Fall steht anschließend für die Bestimmung der notwendigen Parameter kein Öl mehr zur Verfügung.

Deshalb empfiehlt sich bereits im Vorfeld der Kontakt mit dem Service-Labor, um den oft vom Routineumfang abweichenden Testumfang zu klären. Es geht nicht in jedem Fall darum, zusätzliche Parameter zu testen. Nicht selten sind *andere* Parameter notwendig, um Antworten abseits der Routineüberwachung zu geben.

Derartige Fragestellungen können z. B. sein:

- Warum ist mein Öl plötzlich trüb oder verfärbt?
- Warum schäumt mein Öl?
- Meine Hydraulikpumpe macht ungewöhnliche Geräusche.
- Wurde dieses Öl tatsächlich vor 50 Stunden gewechselt?
- Handelt es sich tatsächlich um das angegebene Öl?
- Der Ölstand in meinem Motor steigt permanent an.
- Mein Filter blockiert wiederholt nach sehr kurzer Zeit.
- Warum ist die Pumpe plötzlich ausgefallen?

Zum besseren Verständnis sind nachfolgend einige alltägliche Beispiele für derartige Missverständnisse aufgeführt:

- Das Öl in der Anlage schäumt sehr stark. Beauftragt wird ein Schaumtest. Dieser Test zeigt, allenfalls, dass das Öl tatsächlich schäumt. Der Kunde wollte aber wissen, *warum* das Öl schäumt. Diese verständliche Frage kann der beauftragte Test nicht beantworten.
- Das Hydrauliköl hat sich in kurzer Zeit stark dunkel verfärbt. Beauftragt wird eine Bestimmung des Rußgehaltes nach dem IR-Verfahren. Die für Dieselmotorenöle entwickelte Methode ist viel zu grob für Hydraulikflüssigkeiten, liefert deshalb keine zuverlässige Aussage und schon gar nicht, warum das Öl verfärbt ist.
- Die Filter in einer einige Tausend Liter fassenden Umlaufschmierung blockieren wiederholt. Das Öl wird ohne Hintergrund-Informationen zur Analyse eingesandt. Weder die Ölbezeichnung, Angaben zur Einsatzzeit noch Informationen zur Anlage selbst und ihrem Einsatz sind beigelegt. So ist eine aussagekräftige Analyse unmöglich. Handelt es sich z. B. um eine Papiermaschine, ein Walzwerk oder eine Umformpresse? Neben der Ölprobe ist in einem solchen Fall ein handtellergroßes Stück des blockierten Filtervlieses sehr hilfreich, um die Art der auf dem Filtermaterial zurückgehaltenen Ablagerungen zu identifizieren und mit der Chemie des Öls selbst abzugleichen.

Bei einem Arztbesuch vertrauen wir auf die Expertise des Arztes und folgen seiner Empfehlung, welche Untersuchung für eine sichere Diagnose notwendig ist. Bei einer Ölanalyse

sollte es nicht anders sein: Es lohnt sich, den Experten vor der Entnahme einer Ölprobe zu Rate zu ziehen.

1.1.2. Probenentnahme und Versand

Ist der Prüfumfang festgelegt und damit bekannt, wie viel Öl benötigt wird, geht es an die Probenentnahme.

Eine ungeeignete Probenentnahme, unsaubere Probengefäße oder verunreinigte Hilfsmittel können die Qualität der Öl-Probe erheblich beeinträchtigen. Letztendlich ist die Aussagekraft der Prüfergebnisse gefährdet. Im Extremfall sind diese gar unbrauchbar. Das nachfolgende Bild sagt sprichwörtlich mehr als 1000 Worte:



Abb. 1.4: Ungeeignete Probengefäße sprechen für sich

Mit einigen Regeln lassen sich derartige Fehlritte vermeiden. Anhand 5 einfacher „W-Fragen“ wird deutlich, worauf es bei der Probenentnahme ankommt:

- Wann
- Wo
- Wie (Womit)
- Wo hinein (Wohin)
- Welche Angaben

Das „Wo“ entscheidet, ob die entnommene Probe repräsentativ für das System in Bezug auf die Fragestellung ist. Das kann für Routineüberwachungen z.B. die Rücklaufleitung sein. Das System-Design entscheidet oft, was machbar ist. Wichtig ist, absolute „No-Gos“ zu vermeiden, wie z.B. das Ausleeren eines Filterelements.

Das „Wie“ zeigt nicht nur, welche technischen Möglichkeiten verfügbar sind, um eine Öl-Probe zu entnehmen. Hier geht es auch darum, die Sicherheit im Auge zu haben, z.B. bei mit Druck beaufschlagten Systemen oder bei sehr hohen Öltemperaturen.

„Wo hinein“ heißt, ein geeignetes Probengefäß zu verwenden. Grundvoraussetzungen sind Sauberkeit, Ölbeständigkeit, dicht schließend. Je nach Öl-Typ und Anwendung kommen eventuell noch weitere Anforderungen hinzu.

„*Welche Angaben:*“ Je mehr Angaben zur Maschine, dem Öl und der Einsatzzeit vorhanden sind, umso detaillierter kann die Bewertung erfolgen. Nicht immer sind alle Daten verfügbar. Das Fehlen selbst rudimentärer Angaben erschwert jedoch eine treffsichere Diagnose.

In der Praxis wird das Mitliefern wichtiger Daten zur Ölanalyse aus Unkenntnis oft unterschätzt. Das ist jedoch relativ einfach zu umgehen: Ein auf die Untersuchung von Gebrauchtölen abgestimmter Probenbegleitschein fragt alle relevanten Informationen ab.

Das Kapitel 2 behandelt die Fragestellungen rund um die Entnahme, die Deklaration und den Versand von Öl-Proben detailliert.

1.1.3. Das Labor

Der Entschluss ist schnell gefasst: Eine Ölanalyse wird beauftragt. Der Untersuchungsumfang ist klar, die Probe ist entnommen und steht bereit zum Versand. Meist ist in dieser Situation schon bekannt, welches Labor zur Untersuchung eingeschaltet wird. Entweder war es beim Entscheidungsprozess behilflich oder es wird routinemäßig mit Analysen dieser Art beauftragt.



Abb. 1.5: Blick in den Laborbetrieb eines modernen Öl-Labors

Wann immer die Entscheidung für ein Labor getroffen wird, sollte diese mindestens auf der Basis der folgenden Kriterien getroffen werden:

- Kompetenz
- Zeit
- Unabhängigkeit
- Kosten

Wie kann die Kompetenz eines Labors beurteilt werden? Als erstes Kriterium dafür wird in der Regel eine Zertifizierung z. B. nach DIN EN ISO 9001 bzw. 14001 gesehen. Dadurch ist sichergestellt, dass die Mindestanforderungen an den Betrieb eines Qualitäts-Management-Systems erfüllt sind. Die Methoden-Kompetenz aus dem Blickwinkel der Analytik wird erst durch eine Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 nachgewiesen. Für Gebrauchtölanalysen sind Erfahrungen in der Analyse und Bewertung von Gebrauchtölen durch Tribologen unerlässlich, denen die Funktionsweise der Maschinen und ihr Einfluss auf die Ölalterung vertraut sind.

Drei dem Alltag entnommene Beispiele:

1. Ein Kunde beauftragt ein akkreditiertes Labor mit der Prüfung des Flammpunktes einer Öl-Probe. Da es sich um ein klassisches Mineralölprodukt und keinen Kraftstoff handelt, prüft dieses den Flammpunkt nach der Methode im „offenen Tiegel“ gemäß DIN EN ISO 2592. Eine einfache Aufgabe!
Es handelt sich jedoch um ein gebrauchtes Wärmeträgeröl. Mit dem Test soll die Anwesenheit von Niedrigsiedern geprüft werden, wozu die Methode im geschlossenen Tiegel gemäß DIN EN 22719 notwendig ist. Die Methode im „offenen Tiegel“ liefert keine zuverlässige Information darüber! Ohne die korrekte Information für das Labor und die Kenntnis der einschlägigen Überwachungsrichtlinien wird eine nicht aussagekräftige Analyse durchgeführt, die zu falschen Schlüssen führt.
2. Die Elementanalyse für eine Öl-Probe gemäß DIN 51399-1 durchzuführen, ist kein großes Problem. Dafür gibt es eine Vielzahl zertifizierter Labors, die diese Bestimmung nach akkreditiertem Verfahren durchführen. Problematisch wird es, wenn der Kunde eine Interpretation dieser Werte erwartet. Diese Kompetenz ist in der DIN-Norm nicht enthalten und kann demzufolge auch nicht akkreditiert werden.
3. Ein Ottomotor ist unerwartet ausgefallen. Zur Klärung der Schadensursache wird der Motor geöffnet. Dabei werden starke koksartige Ablagerungen festgestellt. Ein etwa taubeneigroßes Stück davon wird eingesandt mit der Bitte, den Koksrückstand nach der Conradson-Methode zu bestimmen. Anscheinend hat der Auftraggeber irgendwo von der Methode gehört oder gelesen, ohne deren Zweck und Aussagekraft nur ansatzweise zu kennen.

Gezielte Fragen nach Referenzen und der Kompetenz, Gebrauchtöle zu untersuchen und die Werte praxisorientiert zu interpretieren helfen, das zu vermeiden. Schon in einem einzigen Telefonat; ob nun im Vorfeld der Analyse oder erst bei Rückfragen zum Laborbericht wird schnell klar, ob es sich um kompetente, in Gebrauchtölanalysen erfahrene Ansprechpartner handelt.

Zeit ist Geld! Was nutzt es, wenn das hauseigene Forschungslabor eines Schmierstoffproduzenten oder Maschinenherstellers sehr kompetent ist, die Ermittlung der Ergebnisse jedoch mehr als 2 Wochen in Anspruch nimmt. Wenn es um die zeitkritische Überwachung von Maschinen und Produktionsanlagen geht, deren Stillstand mit sehr hohen Kosten zu Buche schlägt, ist die Zeit neben der Kompetenz eines der wichtigsten Kriterien.

Viele Kunden schätzen die Neutralität des Labors. Unabhängig z.B. von der Lieferung der Maschine, Ersatzteilen, Zusatzausrüstungen oder des Öls. Natürlich nutzt die Unabhängigkeit nur, wenn gleichzeitig Kompetenz und der erforderliche Zeitrahmen erfüllt sind.

Spätestens wenn die routinemäßige Ölüberwachung mehr kostet als sie nutzt, ist sie unwirtschaftlich. Dass dafür nicht die Ölmenge im System allein ein Kriterium sein kann, liegt auf der Hand. Ganz gleich, wie groß oder klein eine Maschine ist: Sie kostet in der Regel ein Vielfaches im Vergleich zur Ölfüllung. Dieser Umstand sollte bei der Bewertung von Ölanalysen stets im Fokus sein. Ebenso sind ein Stillstand zwecks unnötigem Ölwechsel und der damit verbundene Produktionsausfall oder die Kosten für unvorhergesehene Komponentenschäden in der Regel ein Vielfaches der Ölfüllung wert!

Wer *allein* auf den Preis einer Ölanalyse schaut, verschenkt bares Geld. Der Preis ist immer im Zusammenhang mit der gesamten Dienstleistung zu sehen. Im Zweifelsfall sollten die Laborberichte verschiedener Labors direkt miteinander verglichen werden: Einerseits anhand der ermittelten Parameter, andererseits anhand der Interpretation der Ergebnisse.

1.1.4. Der Laborbericht

Eine Öl-Probe wurde entnommen, dokumentiert, ans Labor gesandt und dann kommt der Laborbericht.



Abb. 1.6: Beispiel eines Laborberichtes

Ausgangspunkt war möglicherweise eine Routinekontrolle oder eine konkrete Fragestellung. Der Laborbericht sollte eine Antwort darauf geben.

- Ist das geschehen?
- Wenn nicht oder falls noch Fragen offen sind: Nachfragen!

Ein kompetentes Labor steht bei der Interpretation der Analysewerte hilfreich zur Seite.

Eine andere Möglichkeit: Die Frage wurde vom Labor nicht richtig verstanden. Das kommt beispielsweise vor, wenn feststehende Begriffe der Ölalterung im falschen Kontext benutzt werden: Es wird ein schwarz gefärbtes, verbrannt riechendes Hydrauliköl mit der Frage ans Labor gesandt, ob es oxidiert sei. Der Kunde ist enttäuscht, dass der Oxidationswert völlig in Ordnung ist. Dabei handelt es sich möglicherweise eher um den „Dieseleffekt“. Dieser hat mit der klassischen Öloxidation nichts zu tun, sondern mit einem erhöhten Gehalt ungelöster Luft, z. B. durch Undichtigkeiten (mehr dazu im Kapitel 3).

Eine Ölanalyse ist kein Wunschkonzert. Sie wird nicht immer das erwartete Ergebnis liefern. Diese Einstellung kann zu Enttäuschungen führen. Vielleicht sollte die Analyse