

# Typische Limitwerte für Motorenöle aus (nicht stationären)

## Dieselmotoren

### Verschleißmetalle, Verunreinigungen und Additive

**Mit Schmierstoff-Analysen können Ölwechsel in Abhängigkeit vom Ölzustand durchgeführt werden. Bei der Beurteilung von Gebrauchttölen geben Grenz- und Warnwerte als so genannte „Limitwerte“ an, welche Mengen der im Öl gefundenen Fremdpartikel noch tolerierbar sind bzw. ob der im Vergleich mit dem Frischöl veränderte Schmierstoff gewechselt werden muss. Die OELCHECK GmbH ist das führende unabhängige Labor für Schmierstoff-Analysen im deutschsprachigen Raum. Die Experten von OELCHECK haben für die Motorenöle von nicht stationären Dieselmotoren typische Limitwerte veröffentlicht.**

Mit Schmierstoff-Analysen werden Ölwechselintervalle in Abhängigkeit vom Ölzustand durchgeführt. Eine deutliche Kostenreduzierung ist ein nicht zu unterschätzender Nebeneffekt. Doch die Schmierstoff-Analyse kann noch mehr. Deutliche Überschreitungen von Verschleißwerten können auch auf einen akuten Schadensvorgang hinweisen. Allerdings sind solche Warnwerte nicht einfach festzulegen. Kaum ein Motoren- oder Anlagenhersteller definiert Grenzwerte für Gebrauchttöle. Zu spezifisch sind die Betriebsbedingungen und Laufzeiten, zu unterschiedlich ist die Herkunft der im Öl gefundenen Fremdpartikel. Nicht von ungefähr ist die Bestimmung dieser Elemente eine wesentliche Aufgabe jeder Ölanalyse. Schließlich liefern Art, Menge und teilweise auch die Größe der Partikel wertvolle Informationen über Verschleiß, Verunreinigungen sowie über die im Öl enthaltenen Additive. Bereits im Frühjahr 2001 haben die Experten von OELCHECK schon einmal Grenzwerte für Verschleißmetalle aufgelistet. Doch mittlerweile stehen zusätzliche Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Das Leistungsniveau der Motoren wurde konsequent weiterentwickelt, andere Kraftstoffe werden eingesetzt, niedrigviskose Motorenöle verringern den Kraftstoffbedarf. Es war also höchste Zeit, aktuelle Warnwerte zu veröffentlichen, die auf Millionen von Gebrauchttölanalysen basieren, die OELCHECK aus Dieselmotoren von Nutzfahrzeugen und Baumaschinen analysierte.

Wenn Warn- und Grenzwerte für die Diagnose einer bestimmten Ölprobe herangezogen werden, sollte auch das Zusammenspiel mit zusätzlichen Werten und weiteren Kriterien einbezogen werden. Der Motorenhersteller, der Motorentyp, die verwendete Kraftstoffsorte, das Ölvolumen, der Motorenöltyp und die Einsatzzeit des Motorenöls genau so, wie etwaige Nachfüllmengen, spielen dabei eine Rolle. Auch die Betriebsbedingungen können gravierend voneinander abweichen. Der Motor einer schweren Baumaschine arbeitet schließlich unter anderen Konditionen als der eines Lkw, der im Fernverkehr gleichmäßig auf der Autobahn fährt.

Doch eines haben diese Motoren alle gemeinsam: Ihr Motorenöl enthält jede Menge wertvolle Informationen über das Öl selbst, aber auch über den Zustand des Motors. Die im Öl feinstverteilten Verschleißelemente zum Beispiel ermöglichen Rückschlüsse auf den Verschleiß der entsprechenden Bauteile oder Komponenten. Elemente, wie z.B. Natrium, Kalium oder Silizium, weisen auf Verunreinigungen durch Streusalz, hartes Wasser, Frostschutz-Glykol oder Staub hin. Ein Vergleich der metallorganischen Additivelemente wie Kalzium, Magnesium, Phosphor, Zink, Schwefel oder Bor des gebrauchten Öles mit dem Frischöl liefert wiederum Hinweise auf Ölveränderungen, wie den Additivabbau, oder auch eine mögliche Vermischung von verschiedenen Öltypen.

OELCHECK bestimmt mehr als 30 verschiedene Elemente in Motorenölen mit dem ICP. Neben dem Element selbst wird nach dem Prinzip der Atom-Emissions-Spektroskopie (AES) auch gleichzeitig dessen Konzentration angegeben.

Standardmäßig werden die folgenden Elemente und Werte von OELCHECK im Rahmen einer Motorenöl-Untersuchung ermittelt und im Laborbericht aufgeführt: Eisen, Chrom, Zinn, Aluminium, Nickel, Kupfer, Blei, Kalzium, Magnesium, Bor, Zink, Phosphor, Barium, Molybdän, Schwefel, Silizium, Natrium und Kalium. In einigen Fällen findet OELCHECK noch weitere Elemente wie Silber, Vanadium, Wolfram oder keramische Elemente wie Cerium, Beryllium, die nur selten in Motorenölen vorhanden sind. Sie erscheinen nur dann im Laborbericht, wenn sie tatsächlich nachgewiesen werden oder wenn dies ein Kunde besonders wünscht. In der Tabelle rechts ist auch die mögliche Ursache für die gefundenen Elemente genannt, d.h. ob sie in Bezug zu Verunreinigungen, Verschleiß oder den Additiven stehen.

Bei der Beurteilung eines Laborberichts und den Werten, die im Öl nachgewiesenen Elemente, sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen. Natürlich reicht es nicht aus, lediglich die Elemente mengenmäßig zu betrachten. Zur Bewertung der gemessenen Werte ist wichtig zu wissen, ob die einzelnen Elemente auf Verunreinigungen, Verschleiß oder Veränderungen der Additive verweisen. Diese Werte stehen aber teilweise wiederum miteinander in Zusammenhang. Das Verhältnis von verschiedenen Verschleißelementen untereinander liefert z.B. einen Hinweis auf die betroffenen Maschinenteile oder Bauteilkomponenten. Außerdem ist das Wissen entscheidend, in welcher Laufzeit, die das Öl seit dem Wechsel im Einsatz ist, sich bestimmte Verschleißelemente im Öl angereichert haben. Auch die Betriebszeit der gesamten Anlage oder die Laufeistung eines Motors, das Ölvolumen in Bezug auf die Motorenleistung und die Nachfüllmengen gehen in die Betrachtung der Warnwerte und deren Diagnose ein.

Um die für das Gebrauchttöl ermittelten Werte, ihre Beziehung untereinander und weitere Kriterien verlässlich einschätzen zu können, bedarf es einem entsprechend großen Datenvolumen und analytischer Kenntnis. Die OELCHECK Diagnose-Ingenieure konnten auf der Basis der Ergebnisse von Millionen von Ölproben, ihrem Know-how und ihrer langjährigen Erfahrung Warnwerte definieren, die eine wertvolle Grundlage für die Beurteilung von Analysendaten darstellen. Da aber in Abhängigkeit der verwendeten Ölsorte besonders die Additivelemente und Grundöltypen erheblich voneinander abweichen können, müssen Warnwerte entsprechend weit gefasst sein. Nur wenn sie sich auf einen bestimmten Öltyp beziehen, können Warnwerte dafür definiert werden.

#### Grundsätzlich gilt:

Warnwerte sind umso niedriger anzusetzen:

- je größer das Ölvolumen ist
- je kürzer die Öleinsatzzeit ist
- je niedriger die Drehzahl ist
- je geringer die Belastung ist

Die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Warn- und Grenzwerte für Verschleißelemente, Verunreinigungen und Additive beziehen sich:

- auf ein teilsynthetisches Dieselmotorenöl SAE 10W-40, API CJ-4, ACEA E7
- eingesetzt in einem modernen Dieselmotor mit ca. 25 – 50 Liter Ölvolumen
- Betrieb mit Kraftstoff gem. EN 590 (enthält 5% FAME)
- Einsatzzeit des Motoröls ca. 500 h bzw. Laufeistung von ca. 75.000 km

Die genannten Werte hängen allerdings noch deutlich ab vom Hersteller des Öles, vom konkreten Motorentyp, von der Einsatzzeit der Ölfüllung, vom Ölvolumen und von etwaigen Nachfüllmengen.

## Sortierung: Verschleißelemente, Verunreinigungen, Additive

Element	Oberster Warmwert	Herkunft des Elements in der Motorenölprobe
<b>Verschleißelemente</b>		
Eisen	Fe 80 – 180	Zylinderblock, Zylinderkopf, Timing-Zahnrad und -Ketten, Ventile, Ventilstößel und -Führungen, Kurbel-, Nocken- und Kipphebelwelle, Kolbenbolzen, Wälzlager (mit Chrom), Ölpumpe. Selten: Rückstände von Ferrozen, Kraftstoffzusatz zur Reduzierung von Rußpartikeln. Unterscheidung, ob Rost oder Verschleiß, anhand des PQ-Index.
Chrom	Cr 4 – 28	Kolbenringe, Kurbelwellenlagerung, Kolbenbolzen, Auslassventile, Abdichtelemente, Führungsbuchsen, verchromte Bauteile und Zahnrad. In Motoren ist meist Fe, Al und Cr in Verbindung mit Si zu finden, weil Staub Kolben (Al), Kolbenringe (Cr) und Zylinder (Fe) am stärksten verschleißt.
Zinn	Sn 12 – 24	Oft mit Blei (Weißmetalllager) oder Kupfer. Laufsichten von Pleuellagern, Kipphebelwellen- und Kolbenbolzen-Lager, Lötzinn (besteht aus Blei und Zinn) von Kühlerlötstellen, Bestandteil in einigen synthetischen Grundölen, Additiv in schwer entflammaren Fluids.
Aluminium	Al 12 – 55	Hauptsächlich von Kolben, Ölpumpengehäuse, Ölkühler, Wanderteile, Turbolader, Führungsbuchsen, Gleitlagerungen, Zylinderblock beim Vollaluminium-Motor (in Verbindung mit Silizium), bauxithaltiger Staub (Aluminiumoxid).
Nickel	Ni 1 – 3	Legierungsbestandteil von Auslassventilen, Ventiführungen, Turbolader, hochfester Zahnrad, Turbinenschaufeln. Anstelle verzinkt oder verchromt können, z.B. Filterkomponenten vernickelt sein. Zusammen mit Vanadium Bestandteil von Schweröl.
Kupfer	Cu 25 – 60	Hauptbestandteil von Messing und Bronze. Als Verschleißmetall von Ölpumpe, Pleuel-, Kolbenbolzen-, Kipphebelwellen-Lager, Bronze-Schneckenrädern, gesinterten Brems- und Kupplungsscheiben. Aufgrund von Korrosion vom Ölkühler, Rohrleitungen, Dichtscheiben.
Blei	Pb 10 – 30	Meist gleichzeitig mit Zinn und/oder Kupfer. Pleuellager, nahezu alle Laufsichten von Gleitlagern, gelötete Verbindungsstellen in Verbindung mit Zinn.
Molybdän	Mo 4 – 20 Frischöl bis 500	Enthalten in Synchronringen in Getrieben, Kolbenringen, temperaturbeständigen Stählen. Teil eines Antioxidant und friction modifier Additiv-Packages in modernen synthetischen Mehrbereichsölen und PD-Getriebeölen, selten MoS <sub>2</sub> -Ölzusätze.
<b>Verunreinigungen</b>		
Silizium	Si 15 – 30 Frischöl	Staub aus der Ansaugluft, Antischaum-Additiv aus dem Motorenöl, Abrieb von silikonhaltigen Dichtungen, Rück-

Element	Oberster Warmwert	Herkunft des Elements in der Motorenölprobe
		bis 15 stand von Trennmitteln und Silikonfetten (auch in Ölentnahme-Spritzen), Verschleiß von Aluminiumlegierungen (Vollaluminium-Motor).
Kalium	K 2 - 30	Zusatz in wässrigen Medien wie Frostschutz-Glykol oder Kühlwasser. Mineralsalz im Streusalz oder Leitungswasser.
Natrium	Na 5 – 30 bis 800	Zusatz im Frostschutz-Glykol oder Kühlwasser. Streusalz, Leitungs- oder Schmutzwasser, salzhaltige Luft. Additivkomponente in einigen Motorenölen als Ersatz für Kalzium- oder Magnesiumverbindungen. Verdicker in Schmierfetten.
Lithium	Li 2 – 10	Bestandteil von Mehrzweckfetten (Verdicker). Hinweis auf Kontamination mit Fett oder Montagepasten.
Antimon	Sb 1 – 3	Als Antimonoxid in einigen Schmierfetten als EP-Additiv enthalten; in Verbindung mit Blei oder Zinn in Lagerlegierungen von Gleitlagern.
Silber	Ag 1 – 3	Silberbeschichtete Laufflächen hoch belasteter Gleitlager wie z.B. in Motoren von Lokomotiven, Rückstände von Silberlot. Zinkhaltige Additivsysteme greifen Silber an.

Element	Oberster Warmwert	Herkunft des Elements in der Motorenölprobe
<b>Verunreinigungen</b>		
Wolfram	W 1 – 2	Selten im Motorenbau, Legierungsbestandteil zur Erhöhung der Härte und der Korrosionsbeständigkeit.
Titan	Ti 1 – 3	Öl-Niveaumanzeiger (Schwimmer). Legierungsbestandteil in Federn und Ventilen. Von keramischen Bauteilen. Als weißes Titandioxid in Kunststoffen und in Farben. „Markierungs-Additiv“ in Motorenölen.
Vanadium	V 1 – 3	Als Chrom-Vanadium-Stahl Legierungsbestandteil in Ventilen und Ventildedern. Ist wie Nickel Bestandteil von Erdöl. Ist blow-by Produkt beim Betrieb von Schiffsmotoren mit Schweröl-Kraftstoffen.
Beryllium	Be 1 – 3	CuBe-Ventile und -Ventilsitze. Sinterlager, Komponente in gesinterten keramischen Bauteilen bzw. in Flugturbinenölen. In F-1 Motoren verboten.
Cadmium	Cd 1 – 3	Komponente in korrosionsgefährdeten Gleitlagern. Teilweise auch tiefroter Farbstoff in Kunststoffen und Lacken.
Kobalt	Co 1 – 3	Eventuell aus Komponenten von Turbinen oder auch aus einer Wälzlagerlegierung in Verbindung mit Eisen.
Mangan	Mn 1 – 3	Legierungselement, meist mit Eisen. Stahl von Ventilen, Wälzlagern, Zahnradern oder Wellen. In Manganminen Verunreinigung (mit Si). Ganz selten: Manganhaltige Additive.

Element	Oberster Warmwert	Herkunft des Elements in der Motorenölprobe
Tantalum		Nur als Bestandteil keramischer Bauteile im Öl zu finden.
Cerium		Nur als Bestandteil keramischer Bauteile im Öl zu finden.
Zirconium		Nur als Bestandteil keramischer Bauteile im Öl zu finden.
<b>Additive</b>		
Kalzium	Ca 600 – 5000	Öladditiv, Detergent-Dispersant-Öladditiv. Verbessert das Reinigungs- und Schmutztragevermögen sowie die thermische Beständigkeit. Manchmal kalziumhaltiger Staub von Baustellen, Schmierfettbestandteil oder auch aus kalkhaltigem Kühl- oder Leitungswasser.
Magnesium	Mg 100 – 1500	Öladditiv, verbessert den Korrosionsschutz, die thermische Stabilität und das Schmutztragevermögen von Motorenölen. Erhöht die alkalische Reserve (BN). Legierungsbestandteil von Motorblöcken. Härtebildner in „hartem“ Leitungs- oder Salzwasser
Bor	B 10 – 500	Verbessert als Öladditiv die Motorsauberkeit. Borate sind Bestandteil von Kühlerfrost- und Korrosionsschutzmedien.
Zink	Zn Frischöl bis 2000	Verbessert als Öladditiv den Verschleißschutz. Verzinkte Bauteile wie Filter-Stützkern, Verschraubungen, zinkhaltige Farbanstriche, vulkanisierte Kunststoffe.
Phosphor	P 600 – 2000	Öladditiv in fast allen Öltypen, dient der Verbesserung der EP-Eigenschaften, der Verminderung von Verschleiß, wirkt korrosionsschützend und antibakteriell, reduziert die Reibung und deaktiviert Metalloberflächen.
Barium	Ba 2 – 20	Üblicherweise kein Additiv in Motorenölen. Zur Verbesserung von EP-Eigenschaften. Reibwertveränderer in ATF. Als Barium-Komplexseife Bestandteil von Fetten oder Montagepasten.
Schwefel	S 500 – 6000	Bestandteil von mineralölbasischen Grundölen. Kommt deshalb in fast allen Ölen vor, kann aber stark schwanken. Schwefel ist aber auch neben Phosphor Bestandteil von fast allen Additivpaketen für Verschleiß- und Korrosionsschutz und kommt oft auch in Verbindung mit Kalzium und Zink vor.

Quelle für Text und Tabellen: [www.oelcheck.de](http://www.oelcheck.de) –