

MAHLE

Driven by performance

MOTORENTEILE UND FILTER: SCHADENSBILDER, URSACHEN UND VERMEIDUNG

Technische Information

AFTERMARKET



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	5
2	Allgemeine Themen	6
2.1	Schmutzverschleiß am Motor	6
2.2	Kraftstoffüberschwemmung	8
2.3	Flüssigkeitsschlag	10
2.4	Erhöhter Ölverbrauch	12
3	Kolbenboden und Kolbenringpartie	14
3.1	Durchgebrannter Kolbenboden bei Otto- und Dieselmotoren	14
3.2	Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Ottomotor	16
3.3	Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Dieselmotor	18
3.4	Gebrochene Kolbenringstege	20
3.5	Ventileinschläge am Kolbenboden und Anschläge des Kolbens am Zylinderkopf	22
3.6	Risse im Kolbenboden	24
4	Kolbenschaft	26
4.1	Kolbenfresser an Druck- und Gegendruckseite (nur Kolbenschaftbereich)	26
4.2	Einseitiger Kolbenfresser am Kolbenschaft	27
4.3	Kolbenfresser in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung	28
4.4	Unsymmetrisches Tragbild am Kolbenschaft	30
4.5	Kolbenfresser nur am unteren Kolbenschaftbereich	31
4.6	Starker Verschleiß am Kolbenschaft mit rauer, matter Oberfläche	32
4.7	Einseitige Anreibstellen am Kolbenschaft	33
5	Abstützung – Kolbenbolzenlagerung	34
5.1	Fresser in der Nabenbohrung	34
5.2	Ausgekolkte Kolbenwand im Bereich des Kolbenbolzenauges	35
6	Kolbenringe	36
6.1	Kolbenringe mit Brandspuren und Fresser am Kolbenschaft	36
6.2	Beschädigung der Kolbenringpartie durch gebrochene Kolbenringe	37
6.3	Starker Verschleiß der Kolbenringnuten und Kolbenringe	38
6.4	Starker Radialverschleiß der Kolbenringe	39
7	Zylinderlaufbuchsen	40
7.1	Narben an der Außenwand von Zylinderlaufbuchsen (Kavitation)	40
7.2	Abgerissener Bund bei Zylinderlaufbuchsen	42
7.3	Längsrisse in Zylinderlaufbuchsen	44

8	Ventile	45
8.1	Ventilschaft-Reiber	45
8.2	Verformung am Ventilschaft	46
8.3	Bruch in der Rille des Ventils	47
8.4	Bruch im Ventiltellerbereich	48
8.5	Verschleiß des Ventilsitzes	49
8.6	Deformation des Ventiltellers	50
8.7	Durchgebrannter Ventilteller	51
9	Gleitlager	52
9.1	Riefen und Fremdkörper in der Lauffläche von Gleitlagern	52
9.2	Örtliche Verschleißspuren auf der Lauffläche von Gleitlagern	53
9.3	Starke Verschleißspuren im Bereich der Trennfuge bei Gleitlagern	54
9.4	Polierte Stellen, Laufspuren oder Korrosion an der Außenseite des Gleitlagers	55
9.5	Abnutzung oder Beschädigung der Gleitlager-Außenkanten	56
9.6	Starker Verschleiß an allen Hauptlagerschalen	57
9.7	Ungleichmäßiges Tragbild bei Gleitlagern	58
9.8	Fresser an Gleitlagern	59
9.9	Materialausbrüche aus der Laufschrift von Gleitlagern	60
9.10	Poröse Laufschrift an Gleitlagern	61
10	Filter	62
10.1	Undichtheiten bei Filtern	62
10.2	Filterbedingte reduzierte Motorleistung	64
10.3	Montageprobleme bei Filtern	65
10.4	Granulataustritt bei Lufttrockner-Patronen	66
10.5	Zersetzte Filter	67
11	Glossar	68

1 Vorwort

MAHLE ist einer der bedeutendsten Entwicklungspartner und Hersteller von Motorkomponenten und -systemen sowie Filtern in der Automobilindustrie. Die Ingenieure von MAHLE entwickeln gemeinsam mit den Motoren- und Fahrzeugherstellern weltweit Produkte von höchster Qualität. Dieselben hohen Qualitätsrichtlinien kommen auch bei den Ersatzteilen für den Aftermarket zum Einsatz.

Vielfache Kontrollen während und nach der Fertigung sichern das hohe Qualitätsniveau der MAHLE Produkte. Sollte es im Praxisbetrieb einmal zu Ausfällen kommen, liegen die Ursachen zumeist im motorischen Umfeld wie z. B. der falschen Einstellung von Zündung, Gemischaufbereitung oder Motorsteuerung. Auch Bedien- oder Montagefehler bzw. ungeeignete Schmier- und Kraftstoffe zählen zu den häufigeren Ausfallursachen.

In dieser Broschüre wurden typische Schadensbilder zusammengestellt. Sie zeigt deren Ursachen und gibt Tipps, um solche Schäden künftig zu vermeiden. Damit soll die Suche nach möglichen Schadensursachen erleichtert werden. Diese Hinweise tragen zu einer langen und zuverlässigen Funktion unserer Produkte und damit zu entsprechender Motorlebensdauer bei.

Darüber hinaus werden unsere Experten auch mit komplexen Schadensverläufen konfrontiert, deren Erläuterung jedoch den Rahmen dieser Broschüre überschreiten würde. Bei unklaren Schadensfällen an unseren Produkten sind wir gerne bereit, diese bei uns im Hause zu untersuchen und Ihnen eine Schadensexpertise zu erstellen. Bitte wenden Sie sich an den zuständigen Vertriebspartner in Ihrer Nähe.

2 Allgemeine Themen

2.1 Schmutzverschleiß am Motor

BEFUND

Schmutzverschleiß am Motor macht sich meistens über einen erhöhten Ölverbrauch bemerkbar. Dabei zeigt die Untersuchung der eingesandten Teile unterschiedliche Schadensbilder:

- Der Kolbenschaft weist ein mattes, breites Tragbild auf der Druck- und Gegendruckseite auf (Abb. 1).
- Das Bearbeitungsprofil am Kolbenschaft (Abb. 2) und am Laufpartner (Zylinderwand oder Zylinderlaufbuchse) ist abgetragen (Abb. 3).
- Kolbenschaft, Kolbenringe, Zylinderwand und/oder Zylinderlaufbuchse weisen schmale Riefen in Laufrichtung auf.
- Kolbenringe und Nutflanken haben Höhenverschleiß (Abb. 4).
- An den Kolbenringen ist ein großes Stoßspiel. Die Ringkanten sind messerscharf.
- Die Laufstege des Ölabbstreifings sind abgetragen (Abb. 5).
- Der Kolbenbolzen hat Riefen mit wellenförmigem Profil in Längsrichtung (Abb. 6).
- Auch an anderen Bauteilen, zum Beispiel an einem Ventilschaft, kann man Schmutzverschleiß finden (Abb. 7).

URSACHEN

Beim Schadensbild durch Schmutzverschleiß lassen sich abhängig von der Anzahl der beschädigten Zylinder und dem Verschleißzustand der Kolbenringe mehrere Fälle unterscheiden:

Wenn nur ein Zylinder beschädigt ist ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das Ansaugsystem eines Zylinders, also von oben, in den Brennraum gelangt. Dies wird entweder durch eine Undichtheit verursacht oder durch Schmutzablagerungen, die vor der Montage nicht entfernt worden sind.

Wenn mehrere oder alle Zylinder beschädigt sind ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das gemeinsame Ansaugsystem aller Zylinder in den Brennraum eingetreten. Dies ist entweder auf Undichtheiten und/oder auf einen zerstörten oder nicht mehr vorhandenen Luftfilter zurückzuführen.

... und der 3. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 1., dann kann von verschmutztem Motoröl ausgegangen werden. Das Öl wird entweder durch ein nicht gereinigtes Kurbelgehäuse und/oder einen verschmutzten Ölnebelabscheider verunreinigt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Ansaugsystem ist auf Undichtheiten zu prüfen.
- Der Luftfilter muss überprüft und ggf. ausgetauscht werden.
- Vor der Montage müssen das Kurbelgehäuse sowie die Saugrohre von Schmutz befreit werden.
- Während der Montage ist auf Sauberkeit zu achten.



Abb. 1
Schmutzverschleiß am Kolben –
starke Riefen in Längsrichtung



Abb. 2
Teilweise abgetragenes Bearbeitungsprofil am Kolben-
schaft



Abb. 3
Verschlissene Zylinderlaufbuchse



Abb. 4
Axialverschleiß der Kolbenringe

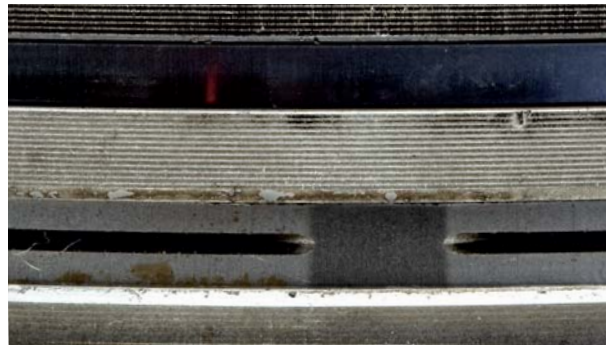


Abb. 5
Extrem verschlissener Ölabbstreifring



Abb. 6
Verschlissener Kolbenbolzen



Abb. 7
Stark verschlissener Ventilschaft

2.2 Kraftstoffüberschwemmung

BEFUND

- Das Tragbild ist breit, glänzt und weist tiefe Riefen am gesamten Kolbenschaft auf (Abb. 1).
- Auf den Kolbenringen befinden sich Riefen, eventuell zusätzlich auf der Ringoberfläche brandige Stellen (Abb. 2).
- Die Honung in der Zylinderlaufbuchse oder Zylinderlauffläche ist stark verschlissen (Abb. 3).
- Am Kolbenbolzen sind starke Verschleißspuren zu sehen. In der Nebenbohrung ist eine Pitting-Bildung erkennbar (Abb. 4a+b).

URSACHEN

Ein zu hoher Kraftstoffanteil im Öl verdünnt den Ölfilm, was wiederum dessen Tragfähigkeit drastisch verringert und so den Verschleiß der Motorenteile erhöht. Ein solcher Schaden kann folgende Ursachen haben:

- Die Einspritzanlage ist falsch eingestellt.
- Die Kaltstartanreicherung ist zu fett.
- Die Einspritzdüsen arbeiten mangelhaft, beispielsweise aufgrund eines zugesetzten Kraftstofffilters.
- Durch ein zu kleines Spaltmaß schlägt der Kolben am Zylinderkopf an und verursacht dadurch das unkontrollierte Einspritzen der Düsen.
- Der Verdichtungsdruck ist zu gering. Dies kann folgende Ursachen haben:
 - Ein Ventil ist undicht.
 - Die Zylinderkopfdichtung ist undicht.
 - Die Steuerzeiten sind nicht korrekt eingestellt.
 - Das Spaltmaß ist zu groß.
 - Ein Kolbenring ist bzw. mehrere Kolbenringe sind defekt.
 - Im Zündsystem ist ein Fehler aufgetreten, z. B. eine defekte Zündkerze.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Einspritzanlage muss korrekt eingestellt werden (Kaltstartanreicherung etc.).
- Die Einspritzdüsen sind zu untersuchen.
- Die Einbaumaße müssen eingehalten werden.
- Das Kraftstofffilter-Wechselintervall muss beachtet und bei extremen Verhältnissen entsprechend verkürzt werden.
- Die Zündkerzen sind zu überprüfen und ggf. auszutauschen.



Abb. 1
Breites Tragbild und Riefen
durch Kraftstoffverdünnung



Abb. 2
Riefen und brandige Stellen an Kolbenringen

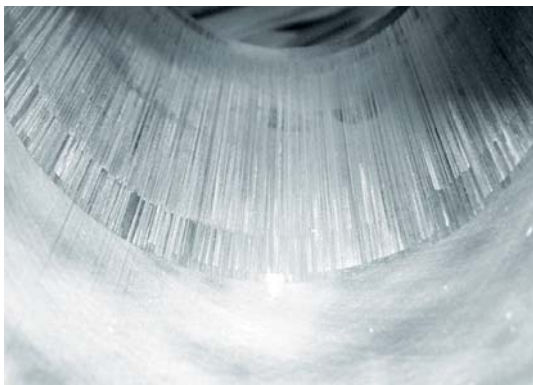


Abb. 3
Riefen und Fresser in der Zylinderlaufbahn



Abb. 4a
Pittings in der Nabenbohrung durch verdünntes Motoröl



Abb.4b
In der Vergrößerung noch deutlicher sichtbar: die Pittings



Abb. 2
Durch Flüssigkeitsschlag verbogene und
gebrochene Pleuelstange



Abb. 3a
Gewaltbruch vom Kolbenboden bis zur Nabenbohrung



Abb. 3b
Nahaufnahme eines Gewaltbruchs

2.4 Erhöhter Ölverbrauch

BEFUND

Ein gewisser Ölverbrauch ist normal. Er schwankt je nach Motortyp und Beanspruchung. Wird der vom Hersteller angegebene Ölverbrauch überschritten, spricht man von erhöhtem Ölverbrauch – im Gegensatz zu Ölverlust, der beispielsweise durch Leckagen o. ä. verursacht wird.

URSACHEN

- Durch Undichtheiten im Turbolader, beispielsweise verschlissene Lager, ist Öl über den Ansaugtrakt in den Brennraum gelangt.
- Die Ölrücklaufleitung am Turbolader ist verstopft oder verkocht. Durch den dadurch steigenden Druck im Ölkreislauf ist Öl aus dem Turbolader in den Ansaugtrakt und in die Abgasanlage gedrückt worden.
- Mit dem Kraftstoff ist Öl in den Brennraum gelangt – beispielsweise durch eine verschlissene Einspritzpumpe, die meistens über den Ölkreislauf des Motors geschmiert wird.
- Durch ein undichtes Ansaugsystem sind Schmutzpartikel in den Brennraum gelangt und erhöhen dort den Verschleiß (siehe auch Kapitel „2.1 Schmutzverschleiß am Motor“, Seite 6).
- Bei einem falschen Kolbenüberstand kann es zum Anschlagen des Kolbens am Zylinderkopf kommen. Die dadurch entstehenden Schwingungen wirken sich auf die Einspritzdüse aus. Mögliche Folge: Die Düse schließt nicht mehr komplett, wodurch zu viel Kraftstoff in den Brennraum gelangt und eine Kraftstoffüberschwemmung eintritt (siehe auch Kapitel „2.2 Kraftstoffüberschwemmung“, Seite 8).
- Das Öl ist überaltert – beispielsweise durch unregelmäßige Wartung. Dies führt zur Reduktion der Tragfähigkeit und somit zu erhöhtem Verschleiß.
- Überzogene Ölwechselintervalle führen zum Verstopfen und/oder zum Bersten des Filterpapiers, wodurch ungefiltertes Motoröl im Ölkreislauf zirkuliert.
- Verbogene oder verdrehte Pleuelstangen führen zu einem ungeraden Lauf des Kolbens, wodurch der Brennraum nicht mehr ausreichend abgedichtet ist (siehe auch Kapitel „4.4 Unsymmetrisches Tragbild am Kolbenschaft“, Seite 30). Im schlimmsten Fall kann es zur Pumpwirkung des Kolbens kommen. Das Öl wird dann aktiv in den Brennraum befördert.
- Sind Kolbenringe gebrochen, verklemmt oder falsch montiert, kann dies zu einer mangelhaften Abdichtung des Brennraums zum Kurbelgehäuse führen. Durch diese Undichtheit kann das Öl in den Brennraum gelangen.
- Die Zylinderkopfschrauben sind falsch angezogen. Dadurch kann es zu Verzügen und somit zu Undichtheiten im Ölkreislauf kommen.
- Aufgrund verschlissener Kolben, Kolbenringe und Zylinderlaufbahnen erhöht sich die Menge der Blow-by-Gase. Das führt zu einem Überdruck im Kurbelgehäuse. Bei zu hohem Druck kann Ölnebel über die Kurbelgehäuse-Entlüftung in die Brennräume gedrückt werden.



Abb. 1
Motor sofort abstellen, wenn dieses Licht aufleuchtet!

- Durch einen zu hohen Ölstand taucht die Kurbelwelle in das Motoröl in der Ölwanne ein, was zur Ölnebelbildung führt. Zusätzlich kann es bei altem oder minderwertigem Öl zur Ölschaumbildung kommen. Der Ölnebel bzw. -schaum gelangt dann mit den Blow-by-Gasen über die Motorentlüftung in den Ansaugtrakt und somit in die Brennräume.
- Bei Störungen im Verbrennungsprozess kann es zu einer Kraftstoffüberschwemmung kommen. Durch die Verdünnung des Öls mit Kraftstoff steigt der Verschleiß von Kolben, Kolbenringen und Zylinderlauffläche extrem an (siehe auch Kapitel „2.2 Kraftstoffüberschwemmung“, Seite 8).
- Minderwertige Öle weisen oftmals eine geringere Tragfähigkeit auf und können dadurch einen erhöhten Verschleiß verursachen.
- Bei einem Zylinderverzug, beispielsweise durch alte und/oder falsch angezogene Zylinderkopfschrauben verursacht, können die Kolbenringe den Brennraum zum Kurbelgehäuse hin nicht mehr ausreichend abdichten. Dadurch kann Ölnebel in den Brennraum gelangen. Bei extremen Verzügen kann es sogar zur Pumpwirkung des Kolbens kommen, d. h. das Öl wird regelrecht in den Brennraum gepumpt.
- Eine mangelhafte Bearbeitung des Zylinders mit einer schlecht gehönten Zylinderlauffläche verhindert eine ausreichende Ölaufnahme. Dadurch kommt es zu stark erhöhtem Verschleiß der Laufpartner wie Kolben, Kolbenringe und Zylinderlauffläche und somit zu einer mangelhaften Abdichtung zum Kurbelgehäuse. Bei verstopften bzw. zugesetzten Honsteinen wird die Grafiteinlagerung in der Zylinderlauffläche verschmiert. Es entsteht der sogenannte Blechmantel. Dadurch wird die Ölaufnahmekapazität stark verringert, was vor allem beim Kaltstart zu erhöhtem Verschleiß führt.
- Bei Kompressoren für die Druckluftbremse kann eine undichte Ventilplatte zur Bildung von Kondenswasser im Zylinder führen. Dieses Kondenswasser verdünnt das Schmieröl, was einen erhöhten Verschleiß von Kolben, Kolbenringen und Zylinderlauffläche zur Folge hat. Das Öl gelangt auch in die Druckluftanlage und verursacht Schäden an weiteren Bauteilen (siehe auch Kapitel „10.4 Granulataustritt bei Lufttrockner-Patronen“, Seite 66).



Abb. 2
Qualmender Auspuff

3 Kolbenboden und Kolbenringpartie

3.1 Durchgebrannter Kolbenboden bei Otto- und Dieselmotoren

BEFUND

- Im Kolbenboden befindet sich ein Loch (Abb. 1).
- Die das Loch umgebende Oberfläche ist mit aufgeschmolzenem Kolbenmaterial belegt.
- Der Feuersteg ist abgeschmolzen (Abb. 2).
- Der Kolbenboden ist abgeschmolzen und die Ringpartie teilweise durchgebrannt (Abb. 3).

URSACHEN

Ursache für den Schaden ist eine lokale Überhitzung. Hierbei muss zwischen Otto- und Dieselmotor unterschieden werden.

Ottomotor:

- Die Zündkerze weist einen zu niedrigen Wärmewert auf.
- Es haben Glühzündungen stattgefunden, die von einer überhitzten Zündkerze stammen (siehe auch Kapitel „3.2 Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Ottomotor“, Seite 16).

Dieselmotor:

Der Kolbenkopf ist überhitzt, jedoch ist die Verbrennungsmulde nicht beschädigt. Es zeichnet sich ein gutes Strahlbild auf dem Kolbenboden ab. Das zu hohe Temperaturniveau des Kolbenkopfes kann folgende Ursachen haben:

- Die Kühllöhdüse ist verbogen, abgerissen oder nicht montiert (Montagefehler).
- Das Ölwechselintervall ist überzogen. In diesem Fall besteht vor allem bei Biokraftstoffen wie Raps- und Sojaöl die Gefahr der Polymerisation des Motoröls, was zum Verstopfen der Kühllöhdüsen führen kann.
- Fremdkörper wie Dichtungsreste o. ä. behindern die notwendige Zirkulation im Ölkreislauf.

Abb. 1
Loch im Kolbenboden, verursacht durch den Einsatz von Zündkerzen mit falschem Wärmewert



ABHILFE/VERMEIDUNG

Ottomotor:

- Es darf ausschließlich Kraftstoff in der vorgeschriebenen Oktanzahl verwendet werden.
- Die Einspritzanlage, der Vergaser und die Zündung müssen korrekt eingestellt werden.
- Es dürfen ausschließlich Zündkerzen nach Herstellerangaben verwendet werden.
- Das Ansaugsystem muss auf Dichtheit untersucht werden.

Dieselmotor:

- Einspritzmenge und -zeitpunkt müssen nach Herstellerangaben eingestellt werden.
- Die Einspritzdüsen sind auf Dichtheit, Abspritzdruck und Strahlbild zu prüfen.
- Bei der Montage der Kühllöhdüsen ist die richtige Ausrichtung zu beachten.
- Bei Betrieb des Motors mit Biokraftstoffen müssen die Ölwechselintervalle drastisch verkürzt werden.
- Die Ölkanäle in Motorblock, Kurbelwelle und Zylinderkopf sind sorgfältig zu reinigen.
- Das Druckregelventil muss auf korrekte Funktion überprüft werden.



Abb. 2
Abgeschmolzener Feuersteg am Ottokolben



Abb. 3
Durchgebrannter Dieselkolben

3.2 Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Ottomotor

BEFUND

Das hier beschriebene Schadensbild umfasst mehrere Stadien, von Abschmelzungen bis zum Loch im Kolbenboden:

- Die Oberfläche ist aufgeraut und am Kolbenbodenrand befinden sich leichte Erosionsspuren (*Abb. 1*).
- Der Kolbenringsteg ist gebrochen (*Abb. 2a+b*).
- Am Kolbenkopf sind Abschmelzungen zu sehen (*Abb. 3*) – bis hin zum komplett abgeschmolzenen Kolbenboden inkl. Kolbenringstegbruch (*Abb. 4*).
- Der Kolben weist ein Loch auf.

URSACHEN

Dieser Schaden lässt sich auf eine Störung im Verbrennungsprozess zurückführen. Das kann mehrere Ursachen haben:

- Die Verbrennung wird mit einem zu mageren Kraftstoff-Luft-Gemisch betrieben, was folgende Gründe haben kann:
 - Es wird Nebenluft angesaugt.
 - Es liegt ein Problem beim Motormanagement, z. B. bei der Kraftstofffördermenge, vor.
 - Die Vergasereinstellung ist fehlerhaft.
 - Ein Sensor ist defekt (Luftmassenmesser, Lambdasonde, OT-Geber etc.).
- Es ist falscher Kraftstoff (zu geringe Oktanzahl, Diesel statt Benzin) verwendet worden.
- Die Zündkerze hat einen zu niedrigen Wärmewert.
- Der Zündzeitpunkt ist falsch eingestellt.
- Der Ladedruck ist zu hoch (beispielsweise durch Tuning).
- Einzelne Bauteile oder der gesamte Motor sind überhitzt. Auslöser sind beispielsweise:
 - Ein zu kleines Ventilspiel und daraus resultierend eine Überhitzung des Ventiltellers.
 - Eine zu hohe Ansauglufttemperatur.
 - Eine Störung im Kühlmittelkreislauf wie Wassermangel, ein loser Keilriemen oder ein defekter Thermostat.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es darf ausschließlich Kraftstoff in der vorgeschriebenen Oktanzahl getankt werden.
- Einspritzanlage, Vergaser und Zündung müssen korrekt eingestellt werden.
- Es dürfen ausschließlich Zündkerzen nach Herstellerangaben verwendet werden.
- Das Ansaugsystem ist auf Dichtheit zu untersuchen.
- Bei nachbearbeitetem Zylinderkopf muss eine dickere Dichtung eingebaut werden und bei Übermaßkolben ist auf die geringere Kompressionshöhe zu achten.
- Bei aufgeladenem Motor muss auf korrekten Ladedruck geachtet werden.



Abb. 1
Erosionsspuren am Ottokolben



Abb. 2a
Gebrochene Kolbenringstege

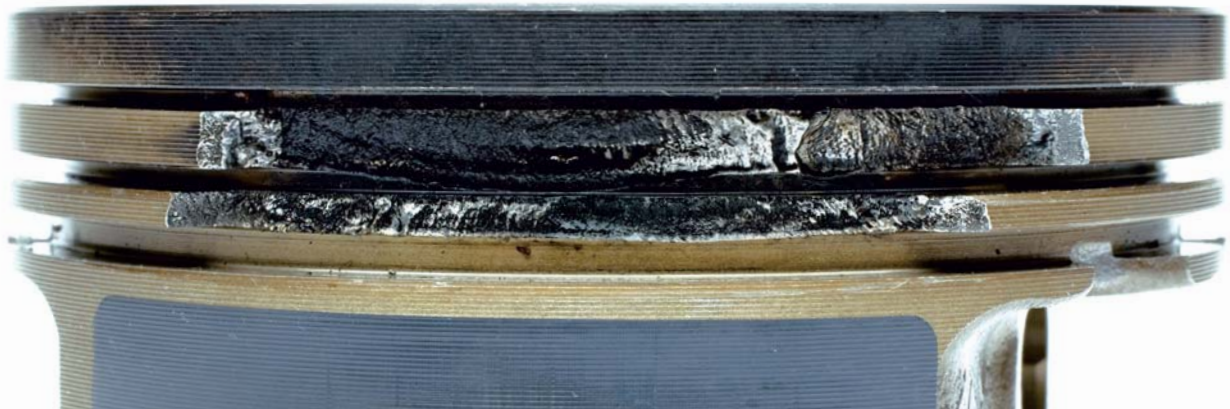


Abb. 2b
Nahaufnahme der gebrochenen Kolbenringstege



Abb. 3
Starke Erosionsspuren und
Abschmelzungen am Kolbenkopf



Abb. 4
Durchgeschmolzene Ringzone am
Ottokolben

3.3 Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Dieselmotor

BEFUND

Das hier beschriebene Schadensbild umfasst mehrere Stadien, von leichten Beschädigungen am Kolben bis zum kapitalen Motorschaden.

- Der Kolbenkopf weist Erosionsspuren auf.
- Am Kolbenkopf sind Abschmelzungen (Abb. 1) zu sehen – bis hin zum komplett abgeschmolzenen Kolbenboden (Abb. 2).
- In extremen Fällen hat der Kolben Fresser über die gesamte Länge und den gesamten Umfang.
- Der Kolben weist ein Loch auf.

URSACHEN

Dieser Schaden beruht auf einer thermischen Überlastung des Kolbens. Hierfür kommen zwei Ursachen infrage, die sich auch im Schadensbild unterscheiden:

Störung im Verbrennungsprozess:

Diese Störung lässt sich anhand folgender Merkmale im Motor diagnostizieren:

- Der Muldenrand ist „abgenagt“.
- Die Einspritzdüsen haben ein schlechtes Strahlbild.
- Der Abspritzdruck und die Fördermenge der Einspritzdüsen sind falsch eingestellt.
- Der Feuersteg weist in Kolbenbolzenrichtung Fresser auf.

Eine Störung im Verbrennungsprozess kann mehrere Ursachen haben:

- Im Brennraum befindet sich ein zu fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch. Folgende Ursachen kommen dafür infrage:
 - Die Luftzufuhr ist verringert, z. B. ist der Luftfilter verstopft.
 - Die Kraftstofffördermenge ist falsch eingestellt.
 - Der Kraftstoffförderbeginn ist falsch eingestellt.
 - Die Düsenadel klemmt oder ist schwergängig.
 - Die Abgasanlage ist verstopft.
- Es kommt zu einem Zündverzug und Zündaussetzern, die folgende Ursachen haben können:
 - Es ist falscher Kraftstoff bzw. Kraftstoff mit zu geringer Cetanzahl eingefüllt worden oder es ist Benzin im Diesel.
 - Die Ventile sind undicht, wodurch es zu Kompressionsverlusten kommt.
 - Das Spaltmaß ist zu groß, dadurch ist die Verdichtung zu gering.
 - Die Luftvorwärmung ist defekt (vor allem bei sehr niedrigen Außentemperaturen).



Abb. 1
Abschmelzungen am Feuersteg eines Dieselpistons

Überhitzung des Kolbenkopfs:

Dies ist erkennbar an folgenden Details:

- Die Verbrennungsmulde ist nicht beschädigt.
- Es zeichnet sich ein gutes Strahlbild auf dem Kolbenboden ab.

Das zu hohe Temperaturniveau des Kolbenkopfes kann folgende Ursachen haben:

- Die Kühlöldüse ist verbogen, abgerissen oder nicht montiert (Montagefehler).
- Das Ölwechselintervall ist überzogen. In diesem Fall besteht vor allem bei Biokraftstoffen wie Raps- und Sojaöl die Gefahr der Polymerisation des Motoröls, was zum Verstopfen der Kühlöldüsen führen kann.
- Fremdkörper wie Dichtungsreste o. ä. behindern die notwendige Zirkulation im Ölkreislauf.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Einspritzmenge und der Einspritzzeitpunkt müssen nach Herstellerangaben eingestellt werden.
- Die Einspritzdüsen sind auf Dichtheit, Abspritzdruck und Strahlbild zu prüfen.
- Bei der Montage der Kühlöldüsen ist die richtige Ausrichtung zu beachten.
- Die Ölkanäle in Motorblock, Kurbelwelle und Zylinderkopf sind sorgfältig zu reinigen.
- Das Druckregelventil muss auf korrekte Funktion überprüft werden.
- Beim Betrieb des Motors mit Biokraftstoffen müssen die Ölwechselintervalle drastisch verkürzt werden.



Abb. 2
Abgeschmolzene Kolbenkrone am Dieselpiston

3.4 Gebrochene Kolbenringstege

BEFUND

- Bei gebrochenen Kolbenringstegen sind zwei Bruchverläufe zu unterscheiden: von oben nach unten (*Abb. 1a+b*) oder von unten nach oben (*Abb. 2–3*).
- Am Kolbenboden, am Feuersteg und an den Nutflanken sind Erosionsspuren erkennbar.

URSACHEN

Ursache dieser Schadensbilder sind mechanische Überlastungen, die wiederum entweder durch eine Störung im Verbrennungsprozess, einen Montagefehler oder einen Flüssigkeitsschlag verursacht worden sind.

1. Störung im Verbrennungsprozess:

Nach dem Einleiten der Zündung durch den Zündfunken kommt es an anderen Stellen im Brennraum zur Selbstentzündung, wodurch die Brenngeschwindigkeit um den ca. 10-fachen Wert erhöht wird. Dies führt zu einem zu steilen Druckanstieg von bis zu 300 bar pro Grad Kurbelwinkel (Normalwert 3–5 bar pro Grad Kurbelwinkel) und zu ultraschallähnlichen Schwingungen sowie zu Überhitzungen aufgrund des unregelmäßigen Verbrennungsverlaufs. Die Folgen sind Anrisse bzw. Brüche der Kolbenringstege und des Kolbenschafts mit einem Bruchverlauf von oben nach unten. Diese Störung im Verbrennungsprozess bezeichnet man auch als „klopfende Verbrennung“.

Ursachen für klopfende Verbrennung können u. a. sein:

Ottomotor:

- Der Zündzeitpunkt ist nicht korrekt (Frühzündung).
- Das Kraftstoff-Luft-Gemisch ist zu mager.
- Es ist Kraftstoff mit zu niedriger Oktanzahl verwendet worden.
- Die Ansaugluft ist zu heiß.
- Das Verdichtungsverhältnis ist zu hoch.

Dieselmotor:

Zu großer Zündverzug führt hier – wie bei der klopfenden Verbrennung des Ottomotors – zu einer unkontrollierten Verbrennung mit hohen Druckspitzen und zu einer mechanischen Überlastung der Kolbenringstege. Die Ursachen hierfür können sein:

- Der Verdichtungsdruck ist zu niedrig.
- Der Spritzdruck der Düsen ist zu gering.
- Die Anlasshilfen, z. B. Starthilfespray, sind unsachgemäß eingesetzt worden.
- Die Einspritzdüsen sind undicht.
- Es wird eine zu große Kraftstoffmenge eingespritzt.

2. Montagefehler:

- Sind die Kolbenringe ohne Spannband montiert worden, befinden sie sich oftmals nicht vollständig in der Nut. Beim anschließenden Einklopfen des Kolbens stehen die Ringe teilweise über und blockieren an der Stirnseite der Bohrung. Es entsteht der typische Bruch der Kolbenringstege von unten nach oben.



Abb. 1a
Gebrochene Kolbenringstege durch Störung im Verbrennungsprozess



Abb. 1b
Nahaufnahme des Bruchverlaufs von oben nach unten

- Beim Zweitaktmotor hingegen verläuft der Bruch von oben nach unten, da der Kolben von der Unterseite her in den Zylinder eingeschoben wird.

3. Flüssigkeitsschlag:

Die Ursache für diesen Schaden beruht auf Flüssigkeiten, Wasser oder Kraftstoff, die in den Brennraum gelangt sind. Da sich weder Wasser noch Kraftstoff komprimieren lassen, entsteht mit dem Flüssigkeitsschlag eine abrupte Beanspruchung des Kolbens, des Kolbenbolzens, der Pleuelstange, des Zylinderkopfes, des Kurbelgehäuses, der Lager und der Pleuelwelle (siehe auch Kapitel „2.3 Flüssigkeitsschlag“, Seite 10). Zu viel Flüssigkeit kann aus folgenden Gründen in den Brennraum gelangen:

- Über das Ansaugsystem ist Wasser (beispielsweise bei einer Wasserdurchfahrt) in den Brennraum gelangt.
- Aufgrund defekter Dichtungen ist Kühlwasser in den Brennraum eingetreten.
- Durch eine defekte Einspritzdüse ist zu viel Kraftstoff in den Brennraum gelangt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es darf ausschließlich Kraftstoff in der vorgeschriebenen Oktanzahl verwendet werden.
- Einspritzanlage, Vergaser und Zündung müssen korrekt eingestellt werden.
- Es dürfen ausschließlich Zündkerzen nach Herstellerangaben verwendet werden.
- Das Ansaugsystem ist auf Dichtheit zu untersuchen.
- Bei nachbearbeitetem Zylinderkopf muss eine dickere Dichtung eingebaut werden und bei Übermaßkolben ist auf die geringere Kompressionshöhe zu achten.
- Bei aufgeladenem Motor muss auf korrekten Ladedruck geachtet werden.
- Bei der Überholung eines Motors muss auf einwandfreie Dichtungen geachtet und relevante Dichtungen müssen ausgetauscht werden.
- Die Einspritzdüsen sind zu überprüfen und im Zweifelsfall zu erneuern.



Abb. 2
Gebrochene Kolbenringstege durch Montagefehler



Abb. 3
Montagefehler mit Abdruck des Kolbenrings

3.5 Ventileinschläge am Kolbenboden und Anschlagen des Kolbens am Zylinderkopf

BEFUND

- Am Kolbenboden sind Ventilaufschläge oder Kontaktsuren durch Kollisionen mit dem Zylinderkopf sichtbar (Abb. 1–2).
- Der Kolben ist quer zur Nabenbohrung abgerissen (Abb. 3) in Verbindung mit extremen Aufschlägen am Kolbenboden.

URSACHEN

Das zuvor beschriebene Schadensbild beruht auf einem Kollisionsschaden des Kolbens. Mögliche Kollisionspartner sind:

Eines oder mehrere Ventile:

Die Ursachen für die Kollision können sein:

- Durch Überdrehzahl können die Ventildfedern das Ventil nicht mehr rechtzeitig zurückholen und der Kolben kollidiert mit dem/den Ventil/en.
- Durch eine falsche Einstellung nach der Motormontage oder durch funktionsunfähige Kettenspanner, z. B. eine zu schlaife Spannrolle, haben sich die Steuerzeiten verstellt.
- Ein Ventil ist abgerissen.
- Durch ausgeschlagene Pleuellager oder gelöste Pleuelschrauben ist das Lagerspiel zu groß geworden.
- Nach dem Schleifen des Zylinderkopfes ist der Ventilrückstand nicht nachbearbeitet worden.

Der Zylinderkopf:

Die Ursachen für die Kollision können sein:

- Durch ausgeschlagene Pleuellager oder gelöste Pleuelschrauben ist das Lagerspiel zu groß geworden.
- Bei einem Dieselmotor: Aufgrund einer zu großen Kompressionshöhe des Kolbens oder einer zu dünnen Zylinderkopfdichtung nach dem Schleifen des Zylinderkopfes ist das Spaltmaß zu gering (siehe auch Kapitel „3.3 Abschmelzungen am Kolbenboden und am Feuersteg beim Dieselmotor“, Seite 18, und motorspezifische Spaltmaßangaben im Online-Katalog).

Fremdkörper:

Die Ursachen hierfür können sein:

- Bei der Montage sind Kleinteile, z. B. Schrauben oder Muttern, in den Brennraum gelangt.
- Bedingt durch Ölverbrauch (siehe auch Kapitel „2.4 Erhöhter Ölverbrauch“, Seite 12) und extremen Kurzstreckenverkehr hat sich im Brennraum Ölkohle aufgebaut, die das Spaltmaß verkleinert.

Bei all diesen Kollisionsursachen kann der Kolben im Extremfall so weit beschädigt werden, dass er quer zur Nabenbohrung (horizontal) abreißt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Beim Einbau müssen die Steuerzeiten korrekt eingestellt werden.
- Während der Montage ist das Spaltmaß an allen Zylindern zu kontrollieren.
- Bei hartem Laufgeräusch muss zur Vermeidung von Folgeschäden der Motor abgestellt und nach der Ursache gesucht werden.



Abb. 1
Kolbenboden mit Ventilaufschlag



Abb. 2
Gegen Zylinderkopf gelaufener Kolben



Abb. 3
Quer auf Höhe der Kolbenbolzenachse abgebrochener Kolben

3.6 Risse im Kolbenboden

BEFUND

- Im Kolbenboden befinden sich Risse (Abb. 1).
- Der Kolben ist in Kolbenbolzenrichtung gebrochen (Abb. 2).
- Am Muldenrand sind Risse (Abb. 3a+b).

URSACHEN

Diese Rissbildung ist auf eine mechanische oder thermische Überlastung des Kolbens zurückzuführen.

Mechanische Überlastung:

Die mechanische Überlastung des Kolbens entsteht oftmals durch Tuning.

- Übermäßige Leistungssteigerung (Tuning) des Motors führt zur Überlastung des Kolbens vor allem in Kolbenbolzenrichtung. Folgen sind ein Anriss in der Nabenbohrung oder ein Spaltbruch längs durch den Kolben in Kolbenbolzenrichtung.
- Das Gewicht des Kolbenbolzens ist reduziert, wodurch es zur Ovalitätsverformung des Kolbenbolzens kommt und in der Folge zur „Sprennung“ des Kolbens in Richtung des Kolbenbolzens.
- Durch die Gewichtsreduzierung des Kolbens können die auftretenden Kräfte nicht mehr aufgenommen werden, wodurch Risse im Material entstehen.

Thermische Überlastung:

Durch Fehlfunktion der Einspritzanlage, Leistungssteigerung (Tuning) oder Starthilfe bei Dieselmotoren befindet sich eine zu hohe Kraftstoffmenge im Brennraum, was wiederum zu extrem wechselnden thermischen Belastungen des Kolbens führt. Dies verursacht Spannungsrisse im Material.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Eine Leistungssteigerung und die damit notwendigen Modifikationen am Triebwerk dürfen nur vom Motorenhersteller oder von versierten Motorentunern vorgenommen werden.
- Die Einspritzpumpe muss nach Herstellervorgaben eingestellt werden.



Abb. 1
Risse im Muldenrand



Abb. 2
Bis in die Nabenbohrung gebrochener Kolben



Abb. 3a
Risse im Muldenrand



Abb. 3b
Nahaufnahme

4 Kolbenschaft

4.1 Kolbenfresser an Druck- und Gegendruckseite (nur Kolbenschaftbereich)

BEFUND

- Der Kolbenschaft weist sowohl auf der Druck- als auch auf der Gegendruckseite Fressspuren mit Fressriefen auf (Abb. 1).
- Die Fressstellen sind partiell hochglänzend, wie poliert (Abb. 2).
- Der Fresser ist zum Schaftende hin konzentriert.
- Die Kolbenringe und die Kolbenringpartie befinden sich in gutem Zustand.

URSACHEN

Ursache für den Schaden ist eine lokale Überhitzung. Da die Kolbenkrone und der Kolbenboden unbeschädigt sind, ist in diesem Fall eine Störung im Verbrennungsprozess auszuschließen. Es bleiben noch zwei mögliche Ursachen übrig:

Fresser durch Spielmangel (Überhitzung):

Der Motor ist überhitzt worden, denn:

- Der Kühlwasserstand ist zu gering.
- Die Kühlwasserzirkulation ist mangelhaft, beispielsweise durch eine defekte Wasserpumpe, einen losen oder gerissenen Keilriemen, einen defekten Thermostat, eine schadhafte Visko-Kupplung oder einen defekten Lüfter.
- Die Entlüftung des Motors ist nicht korrekt.

Da sich das Aluminium des Kolbens thermisch doppelt so stark ausdehnt wie der Grauguss des Zylinders, kann es durch eine zu hohe thermische Belastung (Motor kalt, Kolben heiß) zum Kolbenfresser kommen.

Fresser durch Spielmangel (Bearbeitungsfehler):

Die Zylinderbohrung ist nicht auf das korrekte Maß (Kolbendurchmesser plus Einbauspiel) bearbeitet worden.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das korrekte Zylindermaß muss unbedingt eingehalten werden. Dieses kann mittels der auf den Kolben angegebenen Werte (Kolbendurchmesser plus Einbauspiel) ermittelt werden.
- Der Kühlwasserkreislauf ist zu überprüfen, im Einzelnen also:
 - Kühlmittelstand
 - Wasserpumpe (Keilriemen)
 - Thermostat
 - Lüfter
- Das Kühlsystem muss entlüftet werden. Das schließt auch den Heizkreislauf mit ein.



Abb. 1
Fresser am Kolbenschaft, verursacht durch Spielmangel

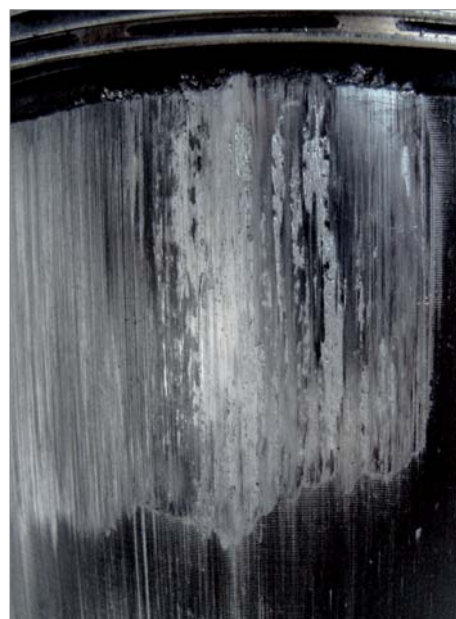


Abb. 2
Teilweise hochglänzende Fressstellen

4.2 Einseitiger Kolbenfresser am Kolbenschaff

BEFUND

- Der Kolbenfresser existiert nur auf der Druckseite am Kolbenschaff (Abb. 1).
- Die Kolbenringe sind teilweise brandig (Abb. 2).
- Auf der Gegendruckseite ist ein gutes Tragbild erkennbar.

URSACHEN

Da die Druckseite des Kolbens beim Arbeitstakt wesentlich stärker belastet wird als die Gegendruckseite, macht sich eine Mangelschmierung zuerst auf der Druckseite bemerkbar. Folgende Ursachen kommen hierfür infrage:

- An der Zylinderwand hat eine Mangelschmierung vorgelegen. Diese kann durch einen zu niedrigen Ölstand, ein zu langes Warmlaufenlassen des Motors oder eine verstopfte Ölbohrung im Pleuel und/oder der Kühllöhdüse verursacht werden.
- Das Öl ist durch Kraftstoff oder Wasserkondensation verdünnt (siehe auch Kapitel „2.2 Kraftstoffüberschwemmung“, Seite 8). Dadurch wird die Tragfähigkeit des Ölfilms stark reduziert.
- Es ist Öl, z. B. mit zu geringer Tragfähigkeit, verwendet worden, das nicht für die Motorbelastungen ausgelegt ist.
- Der Rippenzylinder beim luftgekühlten Motor ist z. B. wegen abgerissener Luftleitbleche oder verschmutzter Rippen örtlich überhitzt.



Abb. 1
Einseitiger Fresser auf der Druckseite am Kolbenschaff



Abb. 2
Kolbenringe mit brandigen Stellen

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Ölversorgung muss sichergestellt werden – und die Ölbohrungen im Pleuel müssen auf Durchlässigkeit überprüft werden.
- Es dürfen nur vom Motorenhersteller freigegebene Öle verwendet werden.
- Der Motor ist sofort nach dem Zusammenbau bei mittleren Drehzahlen und mittlerer Last zu betreiben.
- Eine regelmäßige Kontrolle des Ölstands ist unbedingt erforderlich; ggf. muss Öl nachgefüllt werden.
- Der Öldruck muss kontrolliert werden. Zu niedriger Öldruck kann von einer verschlissenen Ölpumpe, einer Verschmutzung des Filters, einem defekten Überdruckventil in der Ölpumpe oder einer Ölverdünnung her rühren.
- Das Kühlsystem ist zu überprüfen.

4.3 Kolbenfresser in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung

BEFUND

- Die Fressspuren sind nur in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung zu sehen (Abb. 1).
- Der Kolbenschaft in Druck- und Gegendruckrichtung ist meist ohne Fresser (Abb. 2).
- Neben den Fressern befinden sich stark polierte Flächen.
- Die Pleuelstange lässt sich nur schwer um die Kolbenbolzenachse kippen.
- In der Nabenbohrung befinden sich Fressspuren (Abb. 3).

URSACHEN

Der Schaden entsteht, wenn die Tragfähigkeit des Ölfilms zwischen Kolben und Lauffläche im Bereich des Kolbenbolzenauges nicht mehr ausreicht. Ursache ist zumeist eine zu starke Erhitzung des Kolbens im Bereich des Kolbenbolzenauges, wodurch der Schmierölfilm gedrückt wird. Die zu starke Erhitzung des Kolbens im Betrieb kann folgende Ursachen haben:

- Der Klemmpleuel ist fehlerhaft montiert, z. B. wenn der Kolben und die Pleuelstange direkt nach dem Einschrumpfen bewegt worden sind. Durch den Temperaturausgleich kann der Kolbenbolzen noch sehr warm werden, sich entsprechend ausdehnen und in der Nabenbohrung fressen.
- Zylinderverzüge schränken das Laufspiel stark ein. Da der Bereich um das Kolbenbolzenauge am steifsten ist, kann der Kolben hier nur wenig nachgeben.
- Wenn der Kolbenbolzen vor dem Zusammenbau des Motors nicht ausreichend eingölt worden ist, kann es bei der Inbetriebnahme des überholten Motors zur Mangelschmierung zwischen Kolbenbolzen und Kolben kommen. Die Folge ist ein Fresser im Kolbenbolzenauge, was zu einem erhöhten Temperaturniveau im Bereich der Nabenbohrung führt.
- Die Warmlaufphase bei zu niedrigen Drehzahlen ist zu lang gewesen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Direkt vor dem Zusammenbau des Motors müssen Pleuel, Kolbenbolzen und Kolbenbolzenauge ausreichend eingölt und auf unbehinderte Beweglichkeit geprüft werden.
- Das Öl ist unter Druck in den zusammengebauten Motor zu pumpen, um sicherzustellen, dass durch den Ölfilter und alle Ölbohrungen bereits Öl befördert worden ist.
- Nach dem Zusammenbau muss der Motor sofort bei mittleren Drehzahlen und mittlerer Last betrieben werden.

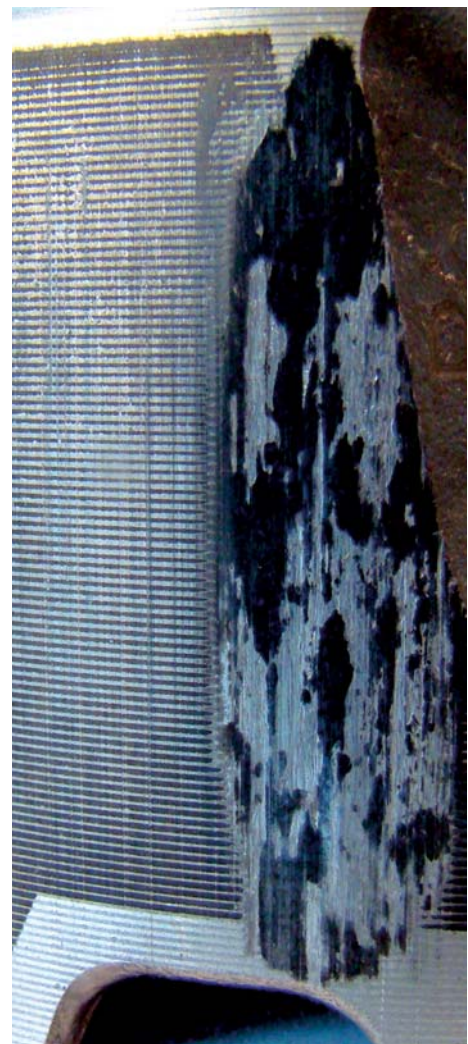


Abb. 1
Fressspuren in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung



Abb. 2
Seitliche Kolbenfresser neben der Nabenbohrung



Abb. 3
Nabenbohrung mit Fressspuren

4.4 Unsymmetrisches Tragbild am Kolbenschaft

BEFUND

- Der Kolbenschaft zeigt ein unsymmetrisches Tragbild (Abb. 1).
- Der Feuersteg ist auf einer Seite des Kolbens blank poliert und auf der gegenüberliegenden Seite von Ölkohle geschwärzt (Abb. 2).

URSACHEN

Durch geometrische Abweichungen in der Kolbenführung kommt es zum Schräglauf des Kolbens im Zylinder. Somit liegt der Kolben mit einer Seite am Zylinder an, während an der gegenüberliegenden Seite ein großer Spalt entsteht, durch den die heißen Abgase (Blow-by-Gase) durchblasen und den Ölfilm verbrennen. Die ebenfalls schräg laufenden Pleueninge flattern und verursachen eine Pumpbewegung, die zu erhöhtem Ölverbrauch führt (siehe auch Kapitel „2.4 Erhöhter Ölverbrauch“, Seite 12). Der Schräglauf kann folgende Ursachen haben:

- Die Bohrungen im kleinen und großen Pleuelauge verlaufen nicht parallel. Es entstehen Fluchtungsabweichungen,
 - weil das Pleuel verbogen oder verdreht ist oder
 - weil das Pleuelauge schräg gebohrt ist.
- Die Hauptlagergasse weist eine schräge Lagerung auf, was z. B. durch ausgeschlagene Lagerschalen verursacht sein kann.
- Die Zylinderkopfschrauben sind falsch angezogen (falsche Reihenfolge oder falsches Anzugsmoment). Achtung: Luftgekühlte Rippenzylinder sind hier besonders anfällig.
- Am Zylinderfuß des Rippenzylinders befinden sich Verschmutzungen. Dadurch sitzt der Rippenzylinder schief auf dem Kurbelgehäuse, wodurch der Kolben schräg in der Zylinderbohrung läuft (Schieflauf).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Hauptlagergasse, Kurbelwelle und Pleuelstange müssen fluchtend (konzentrisch) bearbeitet und eingebaut werden.
- Es ist darauf zu achten, dass die Pleuelstange ausgewinkelt wird.
- Die Zylinderkopfschrauben sind nach Herstellerangaben anzuziehen.
- Bei der Motormontage muss auf absolute Sauberkeit geachtet werden, z. B. sind Dichtungsreste sorgfältig zu entfernen.



Abb. 1
Unsymmetrisches Tragbild (Schieflauf) am
Kolbenschaft



Abb. 2
Feuersteg mit ungleichmäßigen
Ablagerungen

4.5 Kolbenfresser nur am unteren Kolbenschaftbereich

BEFUND

- Im unteren Kolbenschaftbereich ist ein scharf abgetrennter Fresser zu sehen (Abb. 1).
- In der Zylinderbohrung ist ein glänzender, umlaufender Rand zu erkennen (Abb. 2).

URSACHEN

Diese Spuren werden von örtlich begrenztem Spielmangel zwischen Kolben und Zylinderbohrung verursacht, der wiederum folgende Ursachen haben kann:

Wenn der Platz in der Dichtungsnut nicht ausreichend ist, wird die Zylinderlaufbuchse eingeschnürt. Dies kann verursacht werden durch:

- die Verwendung einer falschen (zu dicken) Dichtung,
- den Einsatz zusätzlichen Dichtmittels,
- eine verrutschte Dichtung oder
- nicht entfernte Reste der alten Dichtung.

Bei falschem und/oder ungleichmäßigem Anzugsmoment der Zylinderkopfschrauben – vor allem bei Rippenzylindern – besteht ein erhöhtes Risiko eines Zylinderverzugs.

Eine falsch eingestellte Honmaschine, z. B. mit einem zu geringen Überlauf der Honleisten, kann dazu führen, dass der Bohrungsdurchmesser am Zylinderende zu klein wird.



Abb. 1
Fresser am unteren Kolbenschaft durch Einschnürung der Zylinderlaufbuchse



Abb. 2
Glänzende, umlaufende Linie an der Zylinderbohrung

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Zylinderkopfschrauben müssen nach den Anzugsvorschriften angezogen werden.
- Um einen Spielmangel oder Zylinderverzug ausschließen zu können, sind nasse Zylinderlaufbuchsen zuerst ohne Dichtungen zu montieren. Somit kann ein Spielmangel rechtzeitig erkannt werden. Erst danach ist die Zylinderlaufbuchse komplett mit den Dichtungen zu montieren.
- Die Honmaschine muss korrekt eingestellt werden. Während und nach dem Honen müssen die Zylinderbohrungen in mehreren Ebenen und Lagen nachgemessen werden.

4.6 Starker Verschleiß am Kolbenschaft mit rauer, matter Oberfläche

BEFUND

- Der Motor hat einen erhöhten Ölverbrauch (siehe auch Kapitel „2.4 Erhöhter Ölverbrauch“, Seite 12).
- Der Motor hat schlechte Leistung und mangelhaftes Startverhalten, vor allem bei niedrigen Außentemperaturen.
- Beide Seiten des Kolbenschafts weisen ein mattes, breites Tragbild auf (Abb. 1).
- Das Bearbeitungsprofil ist teilweise abgetragen.
- Am Kolbenschaft befinden sich einzelne schmale Riefen.
- Die Kolbenringe haben ein großes Stoßspiel und sind radial verschlissen.
- Beim Ölabstreifring sind die Laufstege stark verschlissen bzw. abgetragen.
- Die Nutflanken weisen axialen Verschleiß auf.

URSACHEN

Dieses Schadensbild entsteht durch Schmutzverschleiß. Dabei lassen sich mehrere Fälle unterscheiden – abhängig von der Anzahl der beschädigten Zylinder und dem Verschleißzustand der Kolbenringe:

Wenn nur ein Zylinder beschädigt ist ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das Ansaugsystem eines Zylinders, also von oben, in den Brennraum gelangt. Dies wird entweder durch eine Undichtheit verursacht oder durch Schmutzablagerungen, die vor der Montage nicht entfernt worden sind.

Wenn mehrere oder alle Zylinder beschädigt sind ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das gemeinsame Ansaugsystem aller Zylinder in den Brennraum eingetreten. Dies ist entweder auf Undichtheiten und/oder auf einen zerstörten oder nicht mehr vorhandenen Luftfilter zurückzuführen.

... und der 3. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 1., dann kann von verschmutztem Motoröl ausgegangen werden. Das Öl wird entweder durch ein nicht gereinigtes Kurbelgehäuse und/oder einen verschmutzten Ölnebelabscheider verunreinigt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Ansaugsystem ist auf Undichtheiten zu prüfen.
- Der Luftfilter muss überprüft und ggf. ausgetauscht werden.
- Vor der Montage müssen das Kurbelgehäuse sowie die Saugrohre von Schmutz befreit werden.
- Während der Montage ist auf Sauberkeit zu achten.

Abb. 1
Schmutzverschleiß am Kolbenschaft



4.7 Einseitige Anreibstellen am Kolbenschaft

BEFUND

- Das Tragbild ist breit und glänzend (Abb. 1).
- Über die gesamte Kolbenschaftlänge und den gesamten Umfang des Kolbens sind tiefe Riefen in Längsrichtung.
- Die Kolbenringe weisen Riefen und teilweise sogar Brandflecken auf (Abb. 2).

URSACHEN

Ein zu hoher Kraftstoffanteil im Öl verdünnt den Ölfilm, was wiederum dessen Tragfähigkeit drastisch verringert und so den Verschleiß der Motorenteile erhöht. Ein solcher Schaden kann folgende Ursachen haben:

- Die Einspritzanlage ist falsch eingestellt.
- Die Kaltstartanreicherung ist zu fett.
- Die Einspritzdüsen arbeiten mangelhaft, beispielsweise durch einen zugesetzten Kraftstofffilter.
- Durch ein zu kleines Spaltmaß schlägt der Kolben am Zylinderkopf an und verursacht dadurch das unkontrollierte Einspritzen der Düsen.
- Der Verdichtungsdruck ist zu gering, was zu Zündaussetzern führen kann. Dies kann folgende Ursachen haben:
 - Ein Ventil ist undicht.
 - Die Zylinderkopfdichtung ist undicht.
 - Die Steuerzeiten sind nicht korrekt eingestellt.
 - Das Spaltmaß ist zu groß.
 - Ein Kolbenring ist bzw. mehrere Kolbenringe sind defekt.
 - Im Zündsystem ist ein Fehler aufgetreten, z. B. eine defekte Zündkerze.
 - Der Motor ist verschlissen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Einspritzanlage muss korrekt eingestellt werden (Kaltstartanreicherung etc.).
- Die Einspritzdüsen sind zu überprüfen.
- Die Einbaumaße müssen eingehalten werden.
- Das Kraftstofffilter-Wechselintervall muss beachtet und bei extremen Verhältnissen entsprechend verkürzt werden.
- Die Zündkerzen sind zu überprüfen und ggf. auszutauschen.



Abb. 1
Breites, glänzendes
Tragbild und Riefen



Abb. 2
Riefen und brandige Stellen an Kolbenringen

5 Abstützung – Kolbenbolzenlagerung

5.1 Fresser in der Nabenbohrung

BEFUND

Der Kolben weist Fresser in der Nabenbohrung, vor allem im oberen Bereich, auf (Abb. 1).

URSACHEN

- Der Kolbenbolzen ist vor der Montage nicht ausreichend eingeölt worden (siehe auch Kapitel „4.3 Kolbenfresser in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung“, Seite 28).
- Die Tragfähigkeit des Ölfilms ist durch Kraftstoffverdünnung stark reduziert (siehe auch Kapitel „2.2 Kraftstoffüberschwemmung“, Seite 8).
- Die Pleuelbuchse ist nicht auf das vorgegebene Maß bearbeitet worden, und der Durchmesser ist zu klein. Dadurch kann sich der Kolbenbolzen nur noch im Kolben frei bewegen.
- Durch falsch eingesetzte Gleitlager (Hauptlager/Pleuellager/Pleuelbuchse) ist die Ölversorgung behindert (siehe auch Kapitel „9.8 Fresser an Gleitlagern“, Seite 59).
- Es ist Öl minderwertiger Qualität verwendet worden, das den gegebenen Anforderungen nicht standhält.
- Durch Kräfte, Wärme und Abrieb, die bei einem Kolbenfresser entstehen, ist der Ölfilm in der Nabenbohrung zerstört worden.

Dieses Schadensbild ist eine Vorstufe des im Kapitel 4.3 beschriebenen Schadensfalls „Kolbenfresser in Diagonalrichtung neben der Nabenbohrung“, Seite 28.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Bei der Montage ist auf ausreichendes Spiel zwischen Kolbenbolzen und Pleuelbuchse zu achten.
- Der Kolbenbolzen muss vor der Montage des Motors ausreichend eingeölt werden.
- Die Einbaurichtung der Gleitlager (Ölbohrung, Ölrillen) ist einzuhalten.
- Es darf nur vom Motorenhersteller freigegebenes Motoröl verwendet werden.



Abb. 1
Fresser in der Nabenbohrung

5.2 Ausgekolkte Kolbenwand im Bereich des Kolbenbolzenauges

BEFUND

- Der Kolben ist im Bereich um die Kolbenbolzenaugen ausgekolkt (Abb. 1a).
- Die Beschädigungen reichen hoch bis in die Kolbenringpartie.
- Die Oberfläche ist blank und glatt geschleuert (Abb. 1b).
- Eventuell sind auch die Kolbenringe beschädigt.

URSACHEN

Dieses Schadensbild wird durch lose Teile am Kolben im Bereich der Nabenbohrung verursacht, z. B. durch Fremdkörper oder eine durch Überdrehzahl oder Montagefehler herausgesprungene Kolbenbolzensicherung.

Überdrehzahl:

Bei Überdrehzahlen können beide Enden der Kolbenbolzensicherung in Resonanzschwingung geraten und sich dabei aus der Sprenggrille lösen.

Montagefehler:

- Ein Sicherungsring ist verdreht eingesetzt worden.
- Ein Sicherungsring befindet sich nicht in der Nut oder ist gebrochen.
- Es sind alte, gebrauchte Sicherungsringe verwendet worden.
- Bei der Montage des Kolbenbolzens ist ein Gewaltbruch im Bereich der Sprenggrille entstanden.
- Die Pleuelstange ist schief (siehe auch Kapitel „4.4 Unsymmetrisches Tragbild am Kolbenschaft“, Seite 30).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Beim Einbau der Sicherungsringe muss darauf geachtet werden, dass sich der Stoß der Sicherungsringe auf „6 Uhr“ oder „12 Uhr“ befindet.
- Grundsätzlich müssen neue, nicht verformte Sicherungsringe verwendet werden.
- Der Kolbenbolzen darf nicht mit Gewalt, z. B. mit Hammerschlägen, montiert werden.
- Vor Montage der Pleuelstange sind die Bohrungen auf Parallelität zu prüfen.



Abb. 1a
Ausgekolkte Kolbenwand, verursacht durch eine lose Kolbenbolzensicherung oder Fremdkörper im Kolbenbolzen



Abb. 1b
Nahaufnahme der Oberflächen von weicherem Kolbenmaterial und härterem Kolbenringwerkstoff, in gleichem Maße abgetragen

6 Kolbenringe

6.1 Kolbenringe mit Brandspuren und Fresser am Kolbenschaft

BEFUND

- Am gesamten Umfang der Kolbenringe befinden sich Fressriefen und brandige Stellen (*Abb. 1*).
- Am Kolbenschaft sind Fresser sichtbar.
- In der Zylinderbohrung sind Längsriefen erkennbar (*Abb. 2*).

URSACHEN

Brandige Kolbenringe sind ein Schadensbild, das zumeist in Verbindung mit weiteren Kolben- oder Zylinderschäden auftritt. Die Ursache für die brandigen Kolbenringe ist eine Mangelschmierung, ausgelöst durch folgende Gegebenheiten:

- In der Einlaufphase ist der Motor hoch belastet worden. Da in dieser Phase die Kolbenringe ihre volle Dichtwirkung noch nicht erreicht haben, können die heißen Verbrennungsgase am Kolben vorbeiblasen (Blow-by) und den Schmierölfilm abbrennen. Eine weitere Folge neben den Kolbenringfressern kann auch der Kolbenfresser sein.
- Die Honung ist fehlerhaft, dadurch ist zu wenig Motoröl an der Zylinderwand haften geblieben.
- Der Schmierölfilm ist durch Kraftstoffüberschwemmung verdünnt (siehe auch Kapitel „2.2 Kraftstoffüberschwemmung“, Seite 8).
- Die Kolbenringe weisen Abnutzungen auf, die von einem Schiefelauf herühren (siehe Kapitel „4.4 Unsymmetrisches Tragbild am Kolbenschaft“, Seite 30).
- Der Kolben ist durch Störungen im Verbrennungsprozess überhitzt, und Motoröl ist in den Ringnuten verkocht. Dadurch sind die Kolbenringe in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

In der Einlaufphase des Motors sind hohe Drehzahlen oder hohe Belastungen bei niedrigen Drehzahlen zu vermeiden.

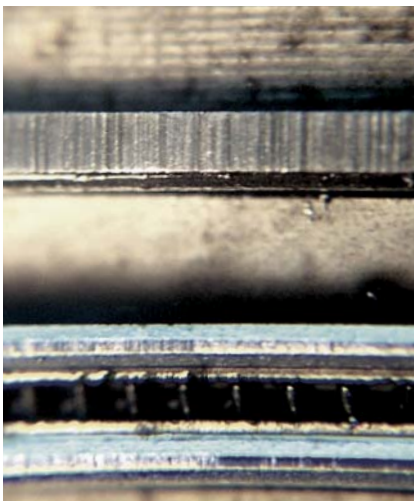


Abb. 1
Kolbenringe mit Riefen und brandigen Stellen



Abb. 2
Zylinderbohrung mit Längsriefen

6.2 Beschädigung der Kolbenringpartie durch gebrochene Kolbenringe



Abb. 1
Stark ausgearbeitete Kolbenringnut



Abb. 2
Kolbenringzone mit blanker Oberfläche



Abb. 3
Beschädigungen des Kolbenbodens durch einzelne Bruchstücke des Ringträgers

BEFUND

- Die Kolbenringstege und/oder der Feuersteg sind muldenförmig ausgearbeitet (Abb. 1).
- Die Oberflächen der Ausarbeitungen sind blank und glatt (Abb. 2).
- Im weiteren Schadensverlauf sind Einschläge von Ringbruchstücken auf dem Kolbenboden erkennbar (Abb. 3).
- Der Kolbenring der ausgearbeiteten Nut ist gebrochen (Abb. 4a+b).

URSACHEN

Der Schaden wird durch einen Bruch eines Kolbenrings bzw. durch Kolbenringflattern verursacht. Mögliche Gründe hierfür sind:

Montagefehler:

Der Kolbenring ist bei der Montage nicht komplett in die Kolbenringnut gedrückt worden und ist beim Einschieben in den Zylinder gebrochen.

Klopfende Verbrennung:

Durch Druckspitzen bei klopfender Verbrennung ist es zum Kolbenringbruch gekommen (Abb. 4a+b).

Kolbenringhöhenpiel:

- Die Kolbenringnuten sind verschlissen.
- Der Kolbenring ist verschlissen.
- Durch die thermische Überlastung des Motors verringert sich die Materialfestigkeit, und die Nuten schlagen aus.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Bei der Montage muss ein Ringspannband verwendet werden.
- Vor der Montage sind die Kolbenringnuten auf Verschleiß zu prüfen. Bei zu großem Verschleiß der Kolbenringnuten ist ein neuer Kolben zu verwenden.

Abb. 4a
Kolbenringbruch, verursacht durch klopfende Verbrennung

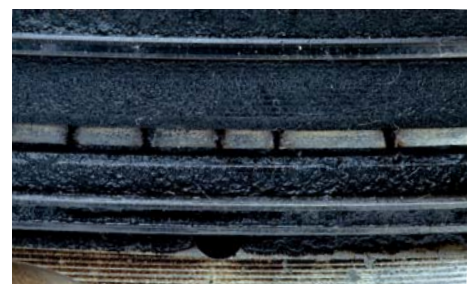


Abb. 4b
Nahaufnahme eines Kolbenringbruchs

6.3 Starker Verschleiß der Kolbenringnuten und Kolbenringe

BEFUND

- Die Kolbenringe weisen einen starken radialen Verschleiß auf (Abb. 1). Dadurch kann das Stoßspiel auf mehrere Millimeter anwachsen.
- An den Kolbenringen und Nutflanken ist ein starker axialer Verschleiß erkennbar (Abb. 2).
- Der Motor hat einen erhöhten Ölverbrauch (siehe Kapitel „2.4 Erhöhter Ölverbrauch“, Seite 12) in Verbindung mit Leistungsverlust.

URSACHEN

Dieses Schadensbild entsteht durch Schmutzverschleiß. Dabei lassen sich mehrere Fälle unterscheiden – abhängig von der Anzahl der beschädigten Zylinder und dem Verschleißzustand der Kolbenringe:

Wenn nur ein Zylinder beschädigt ist ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das Ansaugsystem eines Zylinders, also von oben, in den Brennraum gelangt. Dies wird entweder durch eine Undichtheit verursacht oder durch Schmutzablagerungen, die vor der Montage nicht entfernt worden sind.

Wenn mehrere oder alle Zylinder beschädigt sind ...

... und der 1. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 3., dann sind die Verschmutzungen über das gemeinsame Ansaugsystem aller Zylinder in den Brennraum eingetreten. Dies ist entweder auf Undichtheiten und/oder auf einen zerstörten oder nicht mehr vorhandenen Luftfilter zurückzuführen.

... und der 3. Kolbenring deutlich stärker verschlissen ist als der 1., dann kann von verschmutztem Motoröl ausgegangen werden. Das Öl wird entweder durch ein nicht gereinigtes Kurbelgehäuse und/oder einen verschmutzten Ölnebelabscheider verunreinigt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Ansaugsystem ist auf Undichtheiten zu prüfen.
- Der Luftfilter muss überprüft und ggf. ausgetauscht werden.
- Vor der Montage müssen das Kurbelgehäuse sowie die Saugrohre von Schmutz befreit werden.
- Während der Montage ist auf Sauberkeit zu achten.

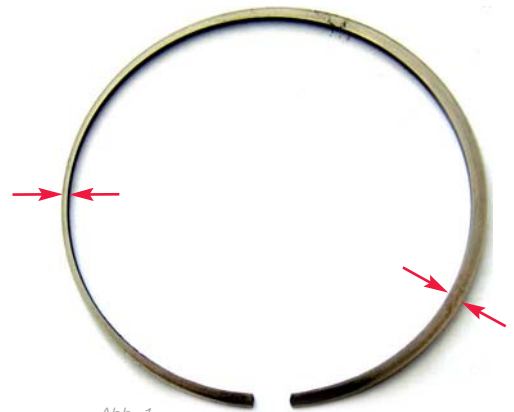


Abb. 1
Kolbenring mit extremem Radialverschleiß



Abb. 2
Starker Axialverschleiß besonders am 1. Kolbenring

6.4 Starker Radialverschleiß der Kolbenringe

BEFUND

- Die Kolbenringe weisen einen starken Radialverschleiß auf (Abb. 1).
- Die Laufflächen der Kolbenringe sind teilweise brandig (Abb. 2).
- Der axiale Verschleiß der Kolbenringe ist gering.
- Der axiale Verschleiß der Nutflanken ist ebenfalls gering.
- Die Laufstege des Ölabbstreifings sind eventuell abgetragen.
- Am Kolbenschaft sind starke Riefen, möglicherweise kombiniert mit Reib- oder Fressspuren.

URSACHEN

Ein zu hoher Kraftstoffanteil im Öl verdünnt den Ölfilm, was wiederum dessen Tragfähigkeit drastisch verringert und so den Verschleiß der Motorenteile erhöht. Ein solcher Schaden kann folgende Ursachen haben:

- Die Einspritzanlage ist falsch eingestellt.
- Die Kaltstartanreicherung ist zu fett.
- Die Einspritzdüsen arbeiten mangelhaft, beispielsweise durch einen zugesetzten Kraftstofffilter.
- Durch ein zu kleines Spaltmaß schlägt der Kolben am Zylinderkopf an und verursacht dadurch das unkontrollierte Einspritzen der Düsen.
- Der Verdichtungsdruck ist zu gering, was zu Zündaussetzern führen kann. Dies kann folgende Ursachen haben:
 - Ein Ventil ist undicht.
 - Die Zylinderkopfdichtung ist undicht.
 - Die Steuerzeiten sind nicht korrekt eingestellt.
 - Das Spaltmaß ist zu groß.
 - Ein Kolbenring ist bzw. mehrere Kolbenringe sind defekt.
 - Im Zündsystem ist ein Fehler aufgetreten, z. B. eine defekte Zündkerze.

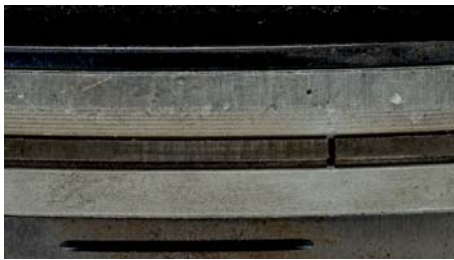


Abb. 1
Starker Radialverschleiß bei relativ geringem Axialverschleiß



Abb. 2
Riefen und brandige Stellen an Kolbenringen

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Einspritzanlage muss korrekt eingestellt werden (Kaltstartanreicherung etc.).
- Die Einspritzdüsen sind zu überprüfen.
- Die Einbaumaße müssen eingehalten werden.
- Das Kraftstofffilter-Wechselintervall muss beachtet und bei extremen Verhältnissen entsprechend verkürzt werden.
- Die Zündkerzen sind zu überprüfen und ggf. auszutauschen.

7 Zylinderlaufbuchsen

7.1 Narben an der Außenwand von Zylinderlaufbuchsen (Kavitation)

BEFUND

Bei nassen Zylinderlaufbuchsen befinden sich außen im Bereich des Wassermantels Vertiefungen oder Löcher (Kavitation, *Abb. 1a+b*); meist sieht man diese jedoch nur in Druck- und/oder Gegendruckseite im Bereich des oberen oder unteren Totpunkts des Kolbens.

URSACHEN

Der Kavitationsschaden entsteht durch Schwingungen der Zylinderlaufbuchse. Diese Schwingungen können durch den Anlagewechsel des Kolbens im oberen und unteren Totpunkt an der Zylinderwand entstehen und sich auf den umgebenden Wassermantel übertragen. Beim Zurückweichen der Zylinderwand während einer Schwingungsphase entsteht kurzzeitig ein Vakuum, was zur Dampfblasenbildung im Wasser führt. Beim Zurückschwingen der Wasserfront implodieren die Dampfblasen und das auf die Zylinderlaufbuchse zurückstürzende Wasser bewirkt die Erosion des Materials. Die Kavitation wird durch folgende Punkte begünstigt:

- Im Kühlwasser befindet sich nicht ausreichend Frostschutzmittel, das die Bläschenbildung reduziert.
- Das Kühlsystem, z. B. der Kühlerdeckel, ist undicht. Damit kann kein Druck im Kühlsystem aufgebaut werden, was die Bläschenbildung begünstigt.
- Die Zylinderlaufbuchse im Kurbelgehäuse hat ein zu großes Spiel. Dadurch werden die Schwingungen, die durch den Anlagewechsel des Kolbens verursacht werden, nicht mehr ausreichend abgefangen.
- Es ist ein falsches Kühlmittel (wie säurehaltiges Wasser o. ä.) eingesetzt worden.
- Der Motor hat ein zu geringes Temperaturniveau. Dadurch ist das Druckniveau des Kühlwassers zu niedrig, was die Bläschenbildung begünstigt. Auch der Kolben kommt so nicht auf seine Betriebstemperatur, hat ein größeres Spiel und einen zu hart verlaufenden Anlagewechsel. Das zu geringe Temperaturniveau kann folgende Ursachen haben:
 - Der Thermostat bzw. der Thermoschalter ist defekt.
 - Die Visko-Kupplung des Lüfterrads ist defekt, d. h. das Lüfterrad wird permanent angetrieben.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Kühlsystem (Kühlerdeckel, Schläuche, Schellen) ist unbedingt auf Dichtheit zu untersuchen.
- Es muss ausreichend Frostschutzmittel mit Korrosionsschutz eingefüllt werden.
- Die Funktion des Kühlsystems (Thermostat, Lüfter, Thermoschalter) ist zu überprüfen.



Abb. 1a
Zylinderlaufbuchse mit Kavitationsschäden



Abb. 1b
Nahaufnahme der Zylinderlaufbuchse mit
scharfen Kanten und nach innen größer
werdenden Löchern

7.2 Abgerissener Bund bei Zylinderlaufbuchsen

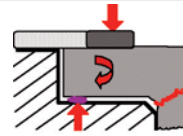
BEFUND

- Die Zylinderlaufbuchse ist unterhalb des Bundes abgerissen (Abb. 1).
- Der Winkel des Bruchverlaufs beträgt ca. 30 Grad (Abb. 2).
- Es ist eine grobe Bruchstruktur erkennbar.

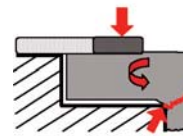
URSACHEN

Auslöser für diesen Gewaltbruch ist ein Biegemoment in der Bundauf-
lage. Das Biegemoment kann folgende Ursachen haben:

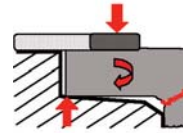
Zwischen Zylinderlaufbuchse und Bundauf-
lage befinden sich Fremdkör-
per (z. B. Schmutz, Dichtungsreste, Späne etc.).



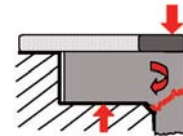
Der Sitz der Bundauf-
lage ist nicht angefasst.



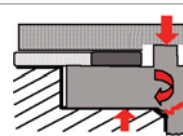
Die Bundauf-
lage ist schräg bearbeitet worden.



Die verwendete Zylinderkopfdichtung ist zu groß.



Der Sitz des Feuerschutzrandes im Zylinderkopf ist nicht gereinigt bzw.
nicht nachbearbeitet worden.



Durch einen zu großen Zylinderlaufbuchsenrückstand wackelt die Zyl-
derlaufbuchse im Sitz, was starke Schlagimpulse zur Folge hat.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es ist auf eine saubere Bearbeitung der Bundaufnahme im Motorblock
zu achten.
- Der Zylinderlaufbuchsensitz muss hinsichtlich Ebenheit und Recht-
winkligkeit geprüft werden.
- Nach der Bundbearbeitung ist die Fase anzubringen.
- Es dürfen nur für den Motor vorgesehene Zylinderkopfdichtungen ver-
wendet werden.



Abb. 1
Abgebrochener Zylinderlaufbuchsband

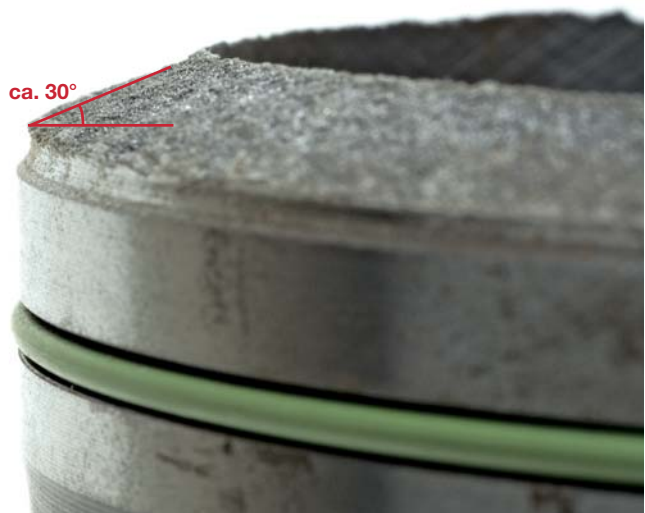


Abb. 2
Bruch mit grober Struktur und einem
Verlaufswinkel von ca. 30 Grad

7.3 Längsrisse in Zylinderlaufbuchsen

BEFUND

In der Zylinderlaufbuchse befindet sich ein Längsris (Abb. 1).

URSACHEN

Längsris ausgehend vom oberen oder unteren Ende der Zylinderlaufbuchse:

Die Zylinderlaufbuchse weist einen Handhabungs- oder Transportschaden auf, der beispielsweise durch einen starken axialen Schlag, z. B. Fall auf einen harten Boden, entstanden ist. Die dadurch verursachten Spannungen im Zylinderlaufbuchsenmaterial können zum oben genannten Schadensbild führen.

Längsris im Laufbereich des Kolbens:

Durch einen Flüssigkeitsschlag (siehe auch Kapitel „2.3 Flüssigkeitsschlag“, Seite 10) entstehen sehr große Kräfte im Brennraum. Da Wasser nicht komprimiert werden kann, müssen die benachbarten Teile, u. a. die Zylinderlaufbuchse, die auftretenden Kräfte absorbieren. Dadurch kann die Zylinderlaufbuchse regelrecht platzen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Zylinderlaufbuchsen müssen vorsichtig und ausschließlich aufrecht transportiert werden.
- Vor dem Einbau der Zylinderlaufbuchse hat eine Klangprobe zu erfolgen. Zusätzlich ist jedoch noch eine optische Prüfung der Zylinderlaufbuchsenoberfläche durchzuführen.



Abb. 1
Unteres Ende der Zylinderlaufbuchse mit Längsris

8 Ventile

8.1 Ventilschaft-Reiber

BEFUND

Der Ventilschaft weist Fress- oder Reibspuren auf (Abb. 1a+b).

URSACHEN

Hier lassen sich prinzipiell zwei Ursachen unterscheiden:

Geometrische Abweichungen:

- Die Ventilführung und der Ventilsitz fluchten nicht. Dies kann entweder durch mangelhafte Bearbeitung oder durch Schmutz in der Ventilführung und/oder dem Ventilsitz entstehen.
- Das Ventil ist schief oder verbogen, was beispielsweise durch einen Ventilaufschlag verursacht werden kann. Selbst eine kaum erkennbare Verbiegung kann zu einer Rundlaufabweichung des Ventils führen.
- Ein loser Ventilsitzring führt zu einer nicht mehr fluchtenden Ausrichtung zur Ventilführung.
- Der Innendurchmesser der Ventilführung ist zu groß oder zu klein, was ein zu großes oder zu kleines Spiel zwischen Ventil und Ventilführung verursacht.
- Es sind alte oder verschlissene Ventileile verwendet worden.

Überdrehzahl:

- Eine Überdrehzahl kann zum Zusammenbruch des tribologischen Systems führen. Der Schmierölfilm zwischen Ventilführung und Ventil hält der schnellen Bewegung nicht mehr stand, und es kommt zum metallischen Kontakt zwischen Ventil und Ventilführung.
- Aufgrund zu hoher Drehzahl entstehen Ventilaufschläge (siehe oben „Geometrische Abweichungen“).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Ausrichtung zwischen Ventilführung und Ventilsitz muss fluchten.
- Bei der Nacharbeit von gelaufenen Ventilen ist sehr genau auf einen geraden Ventilschaft zu achten.
- Ventilsitzringe dürfen nur nach Herstellerangaben eingebaut werden.
- Grundsätzlich sind neue Ventileile zu verwenden. Zumeist sind die alten Keile ungleichmäßig abgenutzt, sodass sich die Ventile nicht mehr frei drehen können.
- Ventilführungen müssen immer gemäß Herstellerangaben auf das vorgeschriebene Maß bearbeitet werden.
- Nach dem Auftreten von Überdrehzahlen empfiehlt es sich, das gesamte Ventiltriebssystem und den Kolbenboden auf Schäden zu untersuchen.



Abb. 1a
Ventil, das in der Führung gefressen hat



Abb. 1b
In der Nahaufnahme deutlich sichtbar: Anhaftungen und Fresser am Ventilschaft

8.2 Verformung am Ventilschaft

BEFUND

- Der Ventilschaft weist eine leichte Krümmung auf oder ist verbogen (*Abb. 1*).
- Der Ventilteller ist abgebrochen (*Abb. 2–3*).

URSACHEN

Eine Verformung am Ventilschaft ist auf eine mechanische Überbelastung zurückzuführen. Diese kann folgende Ursachen haben:

- Durch eine falsche Einstellung des Ventils kann es zu Ventilaufschlägen am Kolben kommen.
- Bei Überdrehzahlen des Motors reicht die Rückholgeschwindigkeit der Ventilsfedern nicht mehr aus, und Kolben und Ventil kollidieren.
- Die Steuerzeiten sind falsch eingestellt, d. h., die Markierungen sind nicht beachtet worden, wodurch Ventiltrieb und Kolbenbewegungen nicht mehr richtig synchronisiert sind, was zu Ventilaufschlägen führen kann.
- Der Zahnriemen oder die Kette ist aufgrund einer defekten Spannvorrichtung übergesprungen.
- Der Zahnriemen oder eine Kette ist gerissen.
- Der Ventilrückstand ist zu gering.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Ventilspiel muss korrekt eingestellt werden.
- Das Fahren im Überdrehzahlbereich des Motors ist zu vermeiden.
- Die Steuerzeiten müssen genau eingestellt werden.
- Beim Austausch von Zahnriemen oder beim Kettenwechsel ist auch die Spannvorrichtung zu erneuern.
- Nach der Bearbeitung des Zylinderkopfs muss der Ventilrückstand geprüft werden.



Abb. 1
Verbogener Ventilschaft



Abb. 2
Abgebrochener Ventilteller



Abb. 3
Schwingungsbruch mit Bruchfläche am Ventilschaft

8.3 Bruch in der Rille des Ventils



Abb. 1
Stark deformiertes Ventil



Abb. 2
In der Rille gebrochener Ventilfuß (Gewaltbruch/Biegebeanspruchung)



Abb. 3
Deformationen der Ventileile an den Wülsten

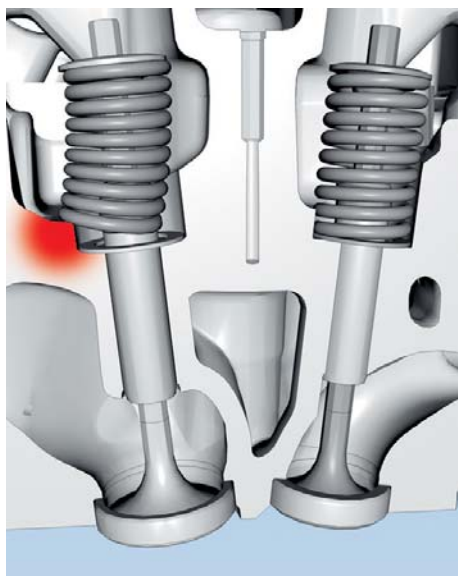


Abb. 4
Einseitig auf Block gehende, schräg eingesetzte Feder

BEFUND

Das Ventil ist in einer Rille gebrochen oder abgerissen (Abb. 1–2). Die Ventileile sind verformt (Abb. 3).

URSACHEN

Dieses Schadensbild kann nur eine mechanische Überlastung des Ventils als Ursache haben. Hierfür kann es zwei Gründe geben:

Grobe Bruchstruktur – Montagefehler:

- Es kommt zu einem Gewaltbruch, der durch eine grobe Bruchstruktur gekennzeichnet ist. Dieser beruht auf einem Montagefehler und tritt kurz nach der Instandsetzung des Motors auf. Wird die Ventilsfeder schief aufgesetzt, bildet sie beim Zusammendrücken einen Block auf einer Seite. Dabei entsteht ein großes Biegemoment auf den Federteller des Ventils. Dieses Biegemoment kann zum Bruch oder Abriss des Ventils führen (Abb. 4–5).

Feine Bruchstruktur – Geometriefehler:

- Es kommt zu einem Dauerbruch, der durch eine feine Bruchstruktur gekennzeichnet ist. Die Ursache für den Dauerbruch ist ein Geometriefehler im Ventiltriebssystem. Sitzt beispielsweise der Ventilteller durch einen leichten Aufsetzer des Ventils auf dem Kolben nicht mehr rechtwinklig zum Ventilschaft, entsteht beim Aufsetzen des Ventils auf den Sitz eine leichte Biegung am Übergang des Ventiltellers zum Ventilschaft. Bei längerem Betrieb kann dies zu einer Materialermüdung und in Folge zum Abriss des Ventils führen.
- Schräge Kipphebel oder die Verwendung von gebrauchten Keilen können ebenfalls ein leichtes Biegemoment auf das Ventil verursachen. Dies kann bei längerem Betrieb zum Abriss des Ventils führen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Ventilsfeder muss den richtigen Sitz beim Einbau haben.
- Das Ventiltriebssystem ist zu überprüfen.
- Grundsätzlich sind neue Ventileile zu verwenden. Zumeist sind die alten Ventileile ungleichmäßig abgenutzt, sodass sich die Ventile nicht mehr frei drehen können und Biegespannungen am Ventilschaft aufgebaut werden.



Abb. 5
Spuren am Zylinderkopf, verursacht durch schräg eingesetzte Ventilsfeder

8.4 Bruch im Ventiltellerbereich

BEFUND

Das Ventil ist im Bereich des Ventiltellers abgebrochen und/oder verbogen (Abb. 1).

URSACHEN

Dieses Schadensbild wird durch eine mechanische Überlastung des Ventils verursacht. Dabei können zwei verschiedene Überlastungsarten unterschieden werden:

Grobe Bruchstruktur – Gewaltbruch:

- Dieser entsteht durch eine kurze, schnelle und sehr hohe Kraftspitze wie das Aufschlagen des Ventils auf dem Kolben (siehe auch Kapitel „3.5 Ventileinschläge am Kolbenboden und Anschlagen des Kolbens am Zylinderkopf“, Seite 22). Verursacht wird dies durch falsch eingestellte Steuerzeiten, falschen Ventilrückstand oder den Betrieb des Motors mit Überdrehzahlen.

Feine Bruchstruktur – Dauerbruch:

- Durch eine leichte Deformation des Ventils im Bereich des Übergangs vom Ventilteller zum Ventilschaft verbiegt sich das Ventil bei jedem Schließvorgang. Dies führt zur Materialermüdung und damit zum Abriss des Ventiltellers.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Steuerzeiten müssen bei der Montage genau eingestellt werden.
- Bei einer Zylinderkopfreparatur ist der Ventilrückstand genau zu prüfen.
- Der Betrieb bei Überdrehzahlen ist zu vermeiden.
- Bei der Wiederverwendung von Ventilen müssen diese unbedingt auf Maßhaltigkeit überprüft werden.
- Der Ventilsitz ist sorgfältig zu bearbeiten, sodass die Ventilfehrung und der Ventilsitz fluchten.



Abb. 1
Im Bereich des Ventiltellers abgerissenes Ventil

8.5 Verschleiß des Ventilsitzes

BEFUND

- Die Dichtfläche am Ventil ist stark verschlissen (Abb. 1–3).
- Die Ventileile sind verformt.

URSACHEN

Durch eine zu hohe Bauteilbelastung wird der Ventilsitz verschlissen. Diese Belastung kann bedingt sein durch:

- Ventilführung und Ventilsitz weisen eine geometrische Abweichung auf, d. h. sie fluchten nicht.
- Es herrscht ein zu hohes Temperaturniveau, z. B. durch:
 - falsche Gemischeinstellung,
 - Störungen im Verbrennungsprozess,
 - zu kleines Ventilspiel,
 - klopfende Verbrennung oder
 - Tuning.
- Der Ventilsitz ist zu hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt wie z. B. verstärkten Ventildedern oder scharfen Nockenwellen.
- Durch die Umrüstung des Motors auf Gasbetrieb und die dadurch nicht mehr vorhandene Kühlung durch Verdunsten bzw. die fehlende Schmierwirkung des Kraftstoffs heizt sich das Ventil stärker auf und ist höheren Belastungen ausgesetzt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Ventilführung und der Ventilsitz müssen fluchtend sein.
- Das Ventilspiel ist entsprechend den Vorgaben einzustellen.
- Es dürfen nur vom Hersteller angegebene Teile (Federn, Nockenwellen etc.) verwendet werden.
- Die Ventile und Ventilsitzringe müssen für Gasbetrieb geeignet sein.

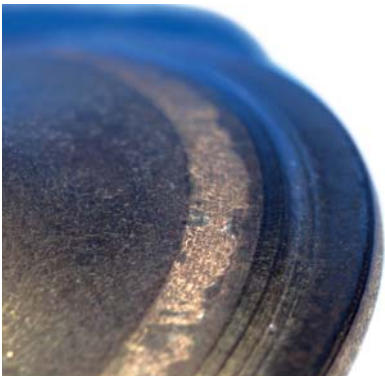


Abb. 1
Starker Verschleiß an der Dichtfläche

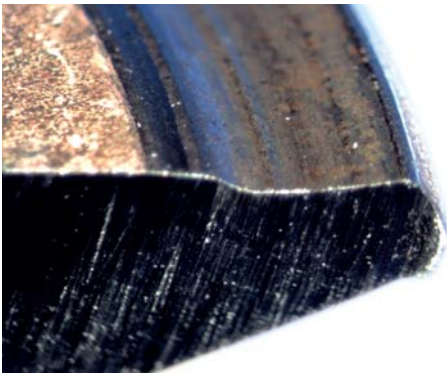


Abb. 2
Detailansicht der Dichtfläche



Abb. 3
Extrem abgenutzte Dichtfläche (stellitgepanzert)

8.6 Deformation des Ventiltellers

BEFUND

Der Ventilteller ist deformiert und/oder gebrochen (Abb. 1–3).

URSACHEN

Der Ventilteller wird entweder durch eine thermische oder mechanische Überlastung verformt. Diese Überlastungen können folgende Ursachen haben:

Thermische Überlastung:

- Das Ventilspiel ist zu klein.
- Es sind Störungen im Verbrennungsprozess aufgetreten.
- Es sind Tuningmaßnahmen durchgeführt worden.

Mechanische Überlastung:

Zwischen Ventil und Ventilsitz ist ein Fremdkörper eingeklemmt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Das Ventilspiel muss korrekt eingestellt werden.
- Das Einspritzsystem ist zu überprüfen.
- Bei der Montage des Motors sind eventuell verbliebene Kleinteile im Brennraum oder Ansaugtrakt zu entfernen.



Abb. 1
Deformierter Ventilteller (Tulpenform)



Abb. 2
Zum Vergleich: Ventilteller ohne Verformungen



Abb. 3
Linienförmige Kontaktsuren
an deformiertem Ventilteller

8.7 Durchgebrannter Ventilteller

BEFUND

Am Ventilteller ist ein keilförmiges Stück weggeschmolzen (Abb. 1).

URSACHEN

Dieses Schadensbild ist auf eine thermische Überlastung des Ventils zurückzuführen, die folgende Ursachen haben kann:

Undichtes Ventil:

Durch einen mangelhaft nachbearbeiteten Ventilsitz, bei falsch eingestelltem Ventilspiel, bei einem kleinen Riss im Ventilteller oder anderen Geometriefehlern dichtet das Ventil nicht mehr sauber ab. Auch Spielmangel zwischen Ventilführung und -schaft kann die Rotation des Ventils behindern. Durch den zu kurzen oder nicht mehr vorhandenen Kontakt zwischen Ventilteller und Ventilsitzring im Zylinderkopf kann das Ventil die Wärme nicht mehr abgeben, und es entsteht ein Hitzestau am Ventilteller, der bei längerem Betrieb zum Abschmelzen des Ventiltellers führt.

Die Rotation des Ventils ist eingeschränkt:

3-rillige Ventile sind auf die Rotation angewiesen. Werden bei der Montage die alten Ventilkeile wiederverwendet, besteht die Gefahr, dass die Ventile sich nicht mehr drehen können. Dadurch kann ein Wärmestau entstehen, der bei längerem Betrieb zum Durchbrennen des Ventils führt.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Beim Nachbearbeiten des Ventilsitzes ist darauf zu achten, dass Ventilführung und -sitz rechtwinklig zueinander stehen.
- Grundsätzlich sind neue Ventilkeile zu verwenden. Zumeist sind die alten Keile ungleichmäßig abgenutzt, sodass sich die Ventile nicht mehr frei drehen können.
- Grundsätzlich muss die Ventilführung mit einer Reibahle auf das vorgegebene Maß aufgerieben werden.



Abb. 1
Durchgebranntes Ventil

9 Gleitlager

9.1 Riefen und Fremdkörper in der Lauffläche von Gleitlagern

BEFUND

In der Lauffläche der Gleitlager sind Riefen in Umfangsrichtung und es befinden sich eingebettete Fremdkörper im Gleitlagermaterial (Abb. 1).

URSACHEN

Die Ursache für dieses Schadensbild sind Fremdkörper im Öl. Diese können aus folgenden Gründen in den Ölkreislauf gelangt sein:

- Bei Arbeiten am Fahrzeug sind Fremdkörper in den Motor gelangt.
- Über das Ansaugsystem oder die Kurbelgehäuse-Entlüftung sind Verunreinigungen eingedrungen.
- Andere Motorkomponenten haben Abrieb oder Späne erzeugt.
- Das Fahrzeug ist durch Verwendung von Filtern und/oder Öl minderer Qualität oder überzogene Inspektionsintervalle mangelhaft gewartet worden.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Bei Reparaturen oder beim Zusammenbau des Motors muss unbedingt auf Sauberkeit geachtet werden.
- Es dürfen ausschließlich Qualitätsfilter verwendet werden.
- Der Önebelabscheider muss gereinigt und/oder erneuert werden.
- Die Wartung des Fahrzeugs hat regelmäßig und nach Herstellervorgaben zu erfolgen.

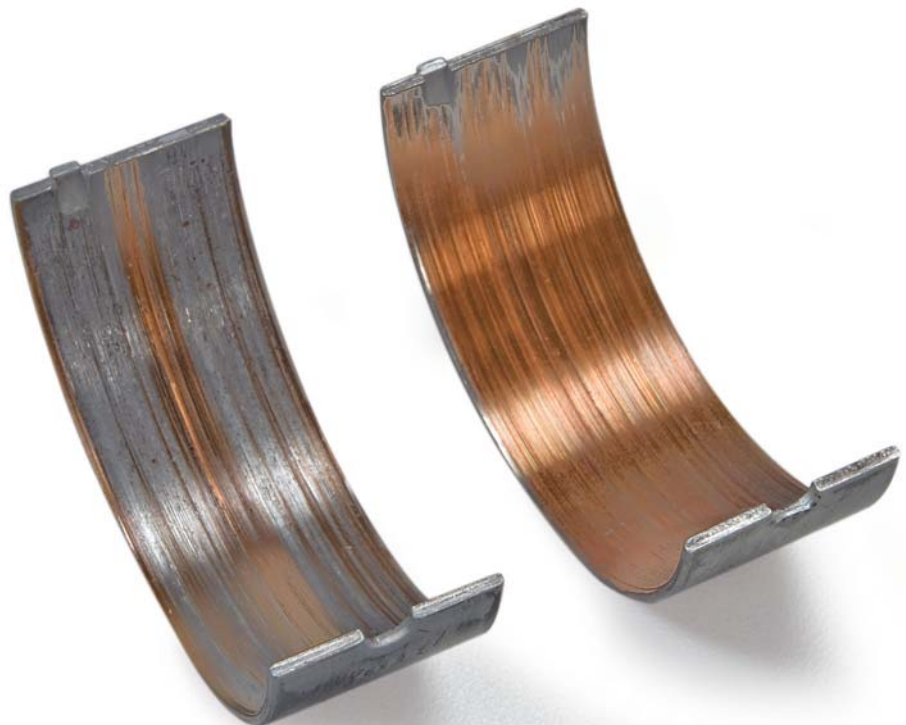


Abb. 1
Starke Riefen in Umfangsrichtung

9.2 Örtliche Verschleißspuren auf der Lauffläche von Gleitlagern

BEFUND

- Auf der Lauffläche des Gleitlagers befinden sich örtliche Verschleißspuren (Abb. 1).
- Ebenso können Abdrücke auf der Außenseite des Gleitlagers vorhanden sein (Abb. 2).

URSACHEN

- Es befinden sich Fremdkörper oder Schmutz zwischen Gleitlager und Gleitlageraufnahme.
- Die Bearbeitung ist mangelhaft oder die Ölbohrungen an der Pleuellwelle sind schlecht entgratet.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Bei der Gleitlagermontage muss unbedingt auf Sauberkeit geachtet werden. Die Gleitlager sind vor dem Einbau mit einem Ledertuch zu reinigen.
- Nach dem Schleifen der Pleuellwellenzapfen müssen die Ölbohrungen immer sorgfältig entgratet werden.



Abb. 1
Verschleißspuren in der Gleitlagermitte



Abb. 2
Fremdkörperabdruck an der Gleitlager-Außenseite

9.3 Starke Verschleißspuren im Bereich der Trennfuge bei Gleitlagern

BEFUND

Im Bereich der Trennfuge des Gleitlagers befinden sich starke Verschleißspuren (Abb. 1a+b).

URSACHEN

Für den vorliegenden Verschleiß sind folgende Montagefehler verantwortlich:

- Der Gleitlagerdeckel ist versetzt (Abb. 2). Dies kann beispielsweise passieren, wenn beim Anziehen ein unpassendes Werkzeug mit zu großen Nüssen verwendet wird. Eventuell sind auch falsche Passhülsen/-stifte verwendet, die Lagerschrauben mit einem falschen Anzugsmoment angezogen oder die Schrauben überdehnt worden.
- Der Gleitlagerdeckel ist vertauscht oder verdreht worden, ggf. ist auch die Zuordnung von Deckel und Zylinder nicht beachtet worden.
- Bei Nacharbeiten an den Gleitlagerdeckeln sind die Bohrungsdurchmesser zu klein ausgearbeitet worden.
- Es ist eine gebrauchte Pleuelstange mit ovalem Pleuelauge verbaut worden, ohne dass die notwendige Nacharbeit am großen Pleuelauge durchgeführt worden ist.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Schrauben dürfen nur mit dem passenden Werkzeug angezogen werden.
- Die Anzugsmomente der Lagerschrauben müssen beachtet werden.
- Es ist auf die Zuordnung von Lagerdeckel zu Zylinder zu achten.
- Die Gleitlagergasse muss überprüft und eventuell nachbearbeitet werden.

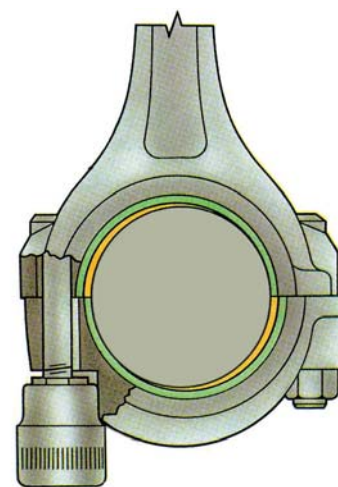


Abb. 2
Versetzter Gleitlagerdeckel

9.4 Polierte Stellen, Laufspuren oder Korrosion an der Außenseite des Gleitlagers

BEFUND

- An der Außenseite des Gleitlagers befinden sich polierte Stellen und/oder Laufspuren in Umfangsrichtung und/oder Korrosionsnarben (Abb. 1).

URSACHEN

- In der Trennfuge der Gleitlageraufnahme ist Schmutz eingeschlossen, wodurch die Lagerschalen zu viel Spiel haben.
- Die Schrauben der Lagerdeckel sind nicht ausreichend angezogen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Bei der Montage der Gleitlager muss auf Sauberkeit geachtet werden. Die Gleitlager und die Trennfuge der Gleitlageraufnahme sind vor dem Einbau mit einem Ledertuch zu reinigen.
- Die Schrauben der Lagerdeckel müssen nach Herstellerangaben geprüft und ggf. erneuert werden.
- Die Schrauben der Lagerdeckel müssen nach Herstellerangaben (Anzugsmoment, Drehwinkel) angezogen werden.



Abb. 1
Polierte Stellen an der Außenseite der Gleitlager

9.5 Abnutzung oder Beschädigung der Gleitlager-Außenkanten

BEFUND

Die Außenkanten der Gleitlager sind stark abgenutzt (Abb. 1–2).

URSACHEN

Dieses Schadensbild wird durch einen Bearbeitungsfehler der Kurbelwelle verursacht. Die Lagerzapfen auf der Kurbelwelle weisen einen zu großen Eckenradius auf. An diesem Radius nutzen sich die Außenkanten der Lagerschale ab.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Lagerzapfen müssen auf das den Herstellerangaben entsprechende Maß nachgearbeitet werden.
- Beim Einbau ist auf den passenden Sitz der Lagerschalen zu achten.



Abb. 1
Abgenutzte Gleitlager-Außenkanten

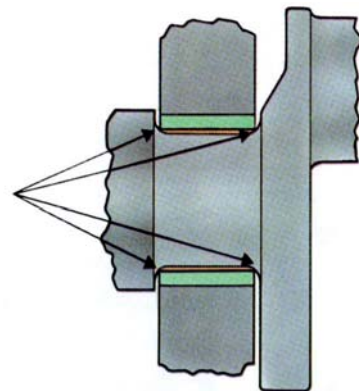


Abb. 2
Zu großer Radius an den Lagerzapfen

9.6 Starker Verschleiß an allen Hauptlagerschalen

BEFUND

Alle Hauptlager weisen deutliche Verschleißspuren auf (Abb. 1).

URSACHEN

Die Ursache dieses Schadensbildes ist ein Geometriefehler, der entweder von der Hauptlagerschale oder von einer verbogenen Pleuellwelle ausgeht. Durch diese Geometrieabweichungen kommt es zu Kräfteinleitungen in die Pleuellager, die dafür nicht ausgelegt sind. Das Ergebnis ist ein erhöhter Verschleiß an allen Pleuellagerschalen. Die Geometrieabweichungen können folgende Ursachen haben:

Geometriefehler in der Pleuellagerschale:

- Durch ein zu hohes Temperaturniveau des Motors, z. B. durch zu wenig Kühlwasser, kann es zu dauerhaften Verzügen im Pleuellagergehäuse und dadurch zu Verzügen in der Pleuellagerschale kommen (siehe auch Kapitel „4.1 Pleuellager an Druck- und Gegendruckseite (nur Pleuellagerbereich)“, Seite 26).
- Verzüge können auch durch ein falsches Anzugsmoment von Zylinderkopfschrauben oder Pleuellagerschrauben entstehen.

Verbogene Pleuellwelle:

- Die Pleuellwelle ist vor dem Wiedereinbau mangelhaft ausgerichtet worden.
- Es hat eine mechanische Überlastung, wie z. B. ein vorhergegangener Pleuellagerfresser, vorgelegen.
- Die Drehmomentanforderung an die Pleuellwelle ist zu hoch gewesen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es ist auf eine ausreichende Kühlung des Motors (Kühlwasser, Öl, Kühlöldrüsen, Thermostat, Lüfter) zu achten.
- Alle Schrauben müssen nach Herstellerangaben angezogen werden. Dabei ist auch die vorgeschriebene Reihenfolge einzuhalten.
- Die Pleuellwelle muss vor dem Einbau exakt gerichtet sein oder ersetzt werden.



Abb. 1
Ungleichmäßiger Verschleiß an den Pleuellagern

9.7 Ungleichmäßiges Tragbild bei Gleitlagern

BEFUND

An einzelnen oder mehreren Gleitlagern sind ungleichmäßige Tragbilder zu sehen – entweder nur am Rand oder nur mittig in der Lagerschale (Abb. 1–2).

URSACHEN

Dieses Schadensbild entsteht durch geometrische Abweichungen der Pleuelstange und/oder der Pleuelzapfen. Durch diese Abweichungen entstehen hohe Flächenpressungen, entweder in Gleitlagermitte oder an den Außenkanten, was zu dem ungleichmäßigen Tragbild an den Lagerschalen führt. Folgende Ursachen kommen hierfür infrage:

- Durch einen Flüssigkeitsschlag ist die Pleuelstange verbogen worden (Abb. 3; siehe auch Kapitel „2.3 Flüssigkeitsschlag“, Seite 10).
- Die Pleuelstange ist vor dem Einbau nicht ausgewinkelt worden.
- Die Gleitlagerzapfen sind nicht ordnungsgemäß nachbearbeitet worden, d. h. die Oberfläche ist entweder ballig, konisch oder konkav (Abb. 4).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Pleuelstangen müssen vor dem Einbau immer auf Winkligkeit überprüft und ggf. ausgewinkelt werden.
- Die Gleitlagerzapfen sind zylindrisch zu schleifen.



Abb. 1
Ungleichmäßiger Verschleiß an den Lagerschalen,
Laufschicht zum Teil abgetragen



Abb. 2
Ungleichmäßiger Verschleiß an den Lagerschalen



Abb. 3
Verbogene Pleuelstange

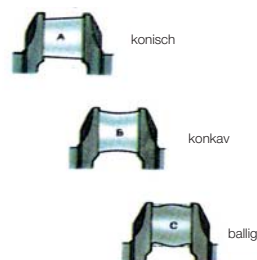


Abb. 4
Formabweichungen an Lagerzapfen

9.8 Fresser an Gleitlagern



Abb. 1
Glänzende Stellen an den Laufflächen der Lagerschalen



Abb. 2
Stark verschlissenes und ausgeschlagenes Gleitlager

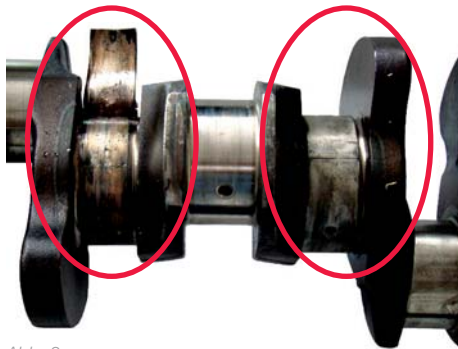


Abb. 3
Mit der Kurbelwelle verschweißte Gleitlager



Abb. 4
Verkehrt herum eingebautes Gleitlager – an der Außenseite: Abdrücke der Ölversorgungsbohrungen

BEFUND

Bei dieser Gleitlagerbeschädigung werden verschiedene Stufen unterschieden:

- Die ersten Anzeichen sind hochglänzende Stellen am Gleitlager (Abb. 1).
- Bei anhaltendem Betrieb unter Mangelschmierung laufen die Gleitlager dann bläulich an und verfärben sich schwarz (Abb. 2).
- Bei extremen Fällen kommt es zum Aufschmelzen der Gleitschicht (Abb. 3) sowie zum Verschweißen des Gleitlagers mit dem Lagerzapfen.

URSACHEN

Die hier beschriebenen Beschädigungen der Gleitlager sind auf ungenügende Schmierung zurückzuführen. Bei diesem Schadensbild gilt es zu unterscheiden, ob nur ein Gleitlager oder alle beschädigt sind.

Ein Gleitlager ist beschädigt:

- Eine Lagerhälfte ist mit Ölbohrungen versehen, die andere nicht. Werden diese Lagerschalen falsch herum eingebaut, wird die Ölbohrung (Abb. 4) der Gleitlageraufnahme verschlossen, und es kann kein Öl in das Gleitlager gelangen.
- Verstopfte Ölbohrungen führen zur Mangelschmierung. Besonders bei Verwendung von biologischen Kraftstoffen besteht die Gefahr der Verstopfung des Öls und damit des Zusetzens der Ölbohrungen.

Alle Gleitlager sind beschädigt:

- Wenn alle Gleitlager gefressen haben, muss ein genereller Öl­mangel vorliegen (siehe auch Kapitel „2.4 Erhöhter Ölverbrauch“, Seite 12). Hierfür gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten wie z. B.:
 - eine defekte oder undichte Ölpumpe oder ein Defekt am Druckbegrenzventil,
 - ein Leck im Ölleitungssystem,
 - ein zu niedriger Ölstand oder
 - eine zu starke Schräglage des Fahrzeugs.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Gleitlager müssen entsprechend den Vorgaben eingebaut werden. Hierbei ist auf die Flucht der Ölbohrungen des Gleitlagers und der Ölbohrungen im Motor zu achten.
- Öl und Filter sind entsprechend den Herstellerangaben regelmäßig zu wechseln – vor allem bei Verwendung von Biokraftstoffen, da hier die Intervalle stark verkürzt sind.
- Der Ölstand muss kontrolliert und ggf. Öl nachgefüllt werden.

9.9 Materialausbrüche aus der Laufschrift von Gleitlagern

BEFUND

In der Laufschrift des Gleitlagers sind partielle Materialausbrüche erkennbar (Abb. 1a+b).

URSACHEN

Diese Ausbrüche entstehen durch eine Materialermüdung des Gleitlagerwerkstoffs, die wiederum bedingt sein kann durch:

- Eine ungleichmäßige Belastung: Durch einen Flüssigkeitsschlag ist die Pleuelstange verbogen worden (siehe auch Kapitel „2.3 Flüssigkeitsschlag“, Seite 10).
- Die Pleuelstange ist vor dem Einbau nicht ausgewinkelt worden.
- Die Gleitlagerzapfen sind nicht ordnungsgemäß nachbearbeitet worden, d. h. die Oberfläche ist entweder ballig, konisch oder konkav.
- Das Gleitlager ist durch Tuning oder durch eine reduzierte Tragfähigkeit des Motoröls überlastet worden. Eine geringe Tragfähigkeit des Motoröls kann durch eine mangelhafte Ölqualität oder Fremdstoffe im Öl wie Kraftstoff oder Kühlmittel hervorgerufen werden (siehe auch Kapitel „4.2 Einseitiger Kolbenfresser am Kolbenschaft“, Seite 27).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es dürfen nur die vom Hersteller freigegebenen Ölqualitäten verwendet werden.
- Die Pleuelstangen müssen vor dem Einbau immer auf Winkligkeit überprüft und ggf. ausgewinkelt werden.
- Die Gleitlagerzapfen sind zylindrisch zu schleifen.



Abb. 1a
Materialausbrüche, hervorgerufen durch mechanische Überlastung oder zu geringe Tragfähigkeit des Ölfilms

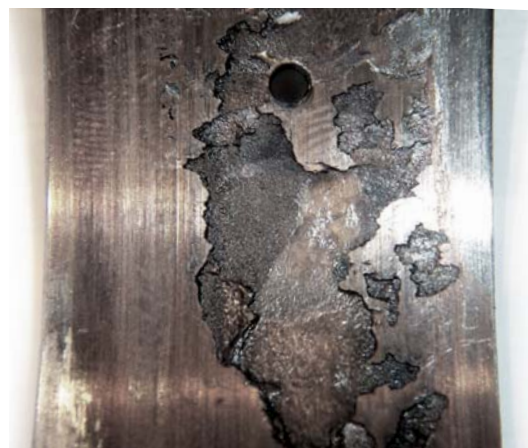


Abb. 1b
Nahaufnahme der beschädigten Lauffläche

9.10 Poröse Laufschrift an Gleitlagern

BEFUND

Die Laufschrift des Gleitlagers ist dunkel verfärbt und weist poröse Stellen auf (Abb. 1–2).

URSACHEN

Der hier beschriebene Schaden ist durch chemische Verätzungen zu erklären. Diese können durch folgende Umstände entstehen:

- Ab einer bestimmten Konzentration wirken chemische Bestandteile im Motoröl, z. B. Schwefel aus minderwertigen Kraftstoffen, aggressiv.
- Das Motoröl ist durch den Gasbetrieb versäuert.
- Die Ölwechselintervalle sind deutlich überzogen.
- Es sind Kühlmittelrückstände im Motoröl.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Ölwechsel muss stets gemäß den Herstellerangaben durchgeführt werden.
- Das Kühlsystem ist regelmäßig auf Undichtheiten oder Wasserverlust zu überprüfen.

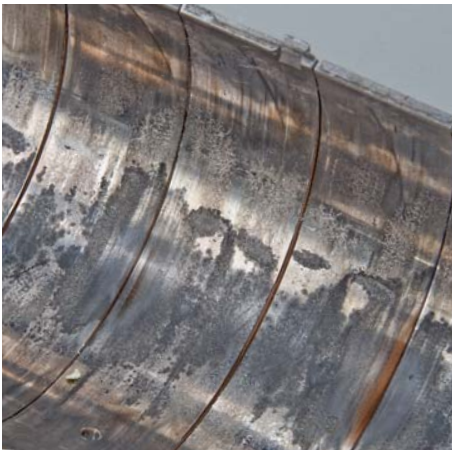


Abb. 1a
Durch chemisch aggressive Substanzen im Öl verätzte Lagerlaufschrift



Abb. 1b
In der Nahaufnahme deutlich sichtbar: das angegriffene Lagermaterial



Abb. 2
Beschädigte Pleuelbuchse

10 Filter

10.1 Undichtheiten bei Filtern

BEFUND

Es findet ein plötzlicher Flüssigkeitsverlust statt oder die Leistung des Fahrzeugs ist reduziert. Darüber hinaus ist teilweise Verschleiß am Motor feststellbar. Neben den üblichen Undichtheiten am Anschluss können folgende Undichtheiten auftreten:

- Kraftstoffanschraubfilter (KC): Am Filtergehäuse befindet sich ein Längsrisse oder ein Querriss am Übergangsradius.
- Kraftstoffleitungsfilter (KL): Entweder ist das Filtergehäuse korrodiert oder es liegt eine partielle Korrosion am Leitungsanschluss durch einen beschädigten Kraftstoffschlauch vor, wodurch Wasser zwischen Schlauch und Stutzen eintritt.
- Ölschraubfilter (OC):
 - Das Filtergehäuse ist eingerissen (Abb. 1), aufgebläht (Abb. 2) und/oder die Dichtung ist herausgedrückt (Abb. 3) und/oder eingerissen.
 - Es liegt eine Korrosion vor (Abb. 4).

URSACHEN

Kraftstoffanschraubfilter (KC):

Die Ursache für den Riss am Übergangsradius ist eine dynamische Druckbelastung (Abb. 1), z. B. wenn der Kraftstoffanschraubfilter falsch eingebaut worden ist und somit der dynamischen Druckbelastung nicht standhält.

Ist der Filter am Anschluss undicht, können folgende Montagefehler Ursache sein:

- Der Filter ist schräg angeschraubt worden (Abb. 5).
- Die Dichtung sitzt falsch.
- Es ist eine alte Dichtung wiederverwendet worden.
- Das Anzugsmoment beim Anschrauben des Filters ist nicht korrekt gewesen.

Kraftstoffleitungsfilter (KL):

- Bei Aluminiumgehäusen kann es beim Entfernen oder Beschädigen der Schutzfolie auf dem Filter zur Kontaktkorrosion zwischen dem Aluminium und der Halteschelle des Filters kommen (Abb. 6), wodurch der Filter undicht wird.
- Eine Korrosion oder eine Leckage am Leitungsanschluss kann durch folgende Montagefehler entstehen:
 - Der O-Ring ist porös, nicht ausgetauscht worden oder bei der Montage verrutscht.
 - Die Schläuche sind nicht ausreichend über die Stutzen geschoben.
 - Die Schlauchschellen sind nicht fest genug angezogen.

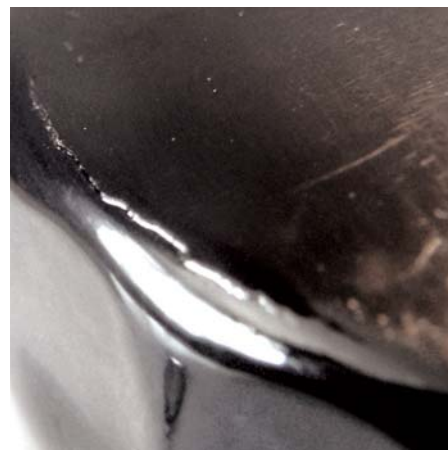


Abb. 1
Riss im Filtergehäuse aufgrund einer Überlastung durch Druckschwankungen



Abb. 2
Im Vergleich: aufgeblähter Filter (links) und neuer Filter (rechts)

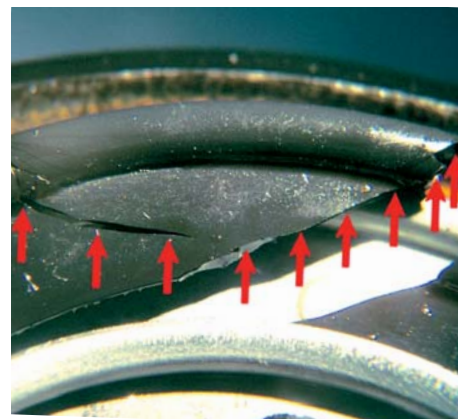


Abb. 3
Bei der Montage beschädigte Dichtung

Ölanschraubfilter (OC):

- Ein Riss oder eine Aufblähung im Filtergehäuse oder eine herausgedrückte oder eingerissene Dichtung können folgende Ursachen haben:
 - Das Druckbegrenzventil in der Ölpumpe ist defekt.
 - Es ist ein Ölfilter eingesetzt worden, der nicht für den Motor freigegeben ist (Falschanwendung).
- Der Filter ist nicht richtig angezogen worden.
- Undichtheit bei Ölfiltern kann durch folgende Montagefehler entstehen:
 - Der Filter ist schräg angeschraubt.
 - Die Dichtung sitzt falsch.
 - Das Anzugmoment beim Anschrauben des Filters ist nicht korrekt.
- Korrosion bei Ölanschraubfiltern kann folgende Ursachen haben:
 - Die Wechselintervalle sind überzogen.
 - Der Filter ist statt mit der Hand mit einem Löseschlüssel angezogen worden. Dabei ist der Korrosionsschutz beschädigt worden.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Wechselintervalle sind unbedingt zu beachten.
- Es dürfen nur für das Fahrzeug vorgesehene Filter verwendet werden.
- Zum Anziehen des Filters darf kein Löseschlüssel verwendet werden.
- Es müssen grundsätzlich neue Dichtungen (O-Ringe, Kupfer-Aluminiumscheiben) verwendet werden.
- Bei begründetem Verdacht ist der Austausch des Druckbegrenzventils der Ölpumpe zu empfehlen.
- Die Montagehinweise müssen befolgt werden.



Abb. 4
Beschädigte Beschichtung – die Folge: Korrosion



Abb. 5
Beschädigte Gewindegänge aufgrund eines schräg angeschraubten Filters



Abb. 6
Kontaktkorrosion aufgrund beschädigter Isolierung

10.2 Filterbedingte reduzierte Motorleistung

BEFUND

Trotz normaler Motorgeräusche ist ein deutlicher Leistungsverlust festzustellen.

URSACHEN

Ein Leistungsverlust des Motors kann viele Ursachen haben. Im Bereich der Filtration kann man die Ursachenfindung auf zwei wesentliche Punkte beschränken:

- Die Kraftstoffversorgung ist zu gering durch:
 - die Verwendung eines falschen Filters,
 - das Eintreten von Nebenluft,
 - eine undichte Kraftstoffrückleitung oder
 - einen verschmutzten/zugesetzten Kraftstofffilter (Abb. 1–2).
- Ein zu geringer Luftdurchsatz, verursacht durch:
 - einen verschmutzten Luftfilter (Abb. 3a+b) oder
 - einen beschädigten oder zugesetzten Luftmassenmesser. Die Beschädigung kann entweder mechanischer Art sein oder von einem defekten Luftfilter ausgehen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es müssen immer die vom Hersteller vorgeschriebenen Filter verwendet werden.
- Die Wechselintervalle sind unbedingt zu beachten.
- Beim Austausch des Kraftstofffilters ist das System ggf. zu entlüften.
- Die Kraftstoffleitungen sind auf Dichtheit zu prüfen.
- Die Luftfilter müssen nach Herstellerangaben gewechselt werden, bei starker Vermutung früher.
- Beim Wechsel des Luftfilters müssen die Dichtungsflächen im Gehäuse sorgfältig gereinigt werden.
- Die Funktion des Luftmassenmessers ist zu prüfen.

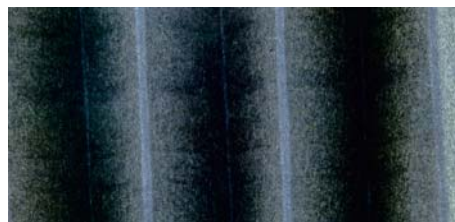


Abb. 2
Zugesetztes Filterpapier



Abb. 3a
Stark verschmutzter Luftfiltereinsatz, Wechsel unbedingt erforderlich

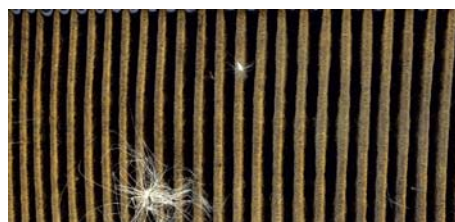


Abb. 3b
Nahaufnahme



Abb. 1
Zugesetztes Filterpapier – die Folge: kollabierter Filtereinsatz

BEFUND

Der Filter lässt sich nicht montieren oder demontieren.

URSACHEN

- Die Anschraubfilter sind schräg an den Gewindestutzen geschraubt worden, was eine Beschädigung am Gewinde, am Filter sowie am Stutzen zur Folge hat.
- Bei Kraftstoffleitungsfiltern sind die Dichtringe nicht geschmiert worden.
- Spin-On-Filter lassen sich bei der Demontage nicht lösen, da der Filter zu stark angezogen oder zu lange im Einsatz gewesen ist.
- Das Anschraubgewinde am Fahrzeug ist beschädigt oder zu kurz. Bei vielen Fahrzeugen ist der Stutzen mit dem Anschraubgewinde mittels einer Kontermutter gesichert. Löst sich unbeabsichtigt diese Kontermutter, dann ändert sich die Einschraublänge des Filters (Abb. 1–2).

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Dichtring des Anschraubfilters muss vor dem Anziehen eingeeölt werden.
- Vor der Montage muss geprüft werden, ob der Anschraubstutzen die richtige Länge hat und ob die Kontermutter einen festen Sitz hat.
- Die Anschraubfilter dürfen nur nach Vorgabe von Hand angezogen werden, und es dürfen niemals Werkzeuge verwendet werden.
- Der Spin-On-Filter muss beim Anschrauben korrekt angesetzt werden.
- Zur Demontage dürfen nur die vorgesehenen Lösewerkzeuge oder ein Spannband verwendet werden. Geeignete Lösewerkzeuge: siehe Filterkatalog.
- Die Dichtringe beim Kraftstoffleitungsfilter müssen vor der Montage geschmiert werden.

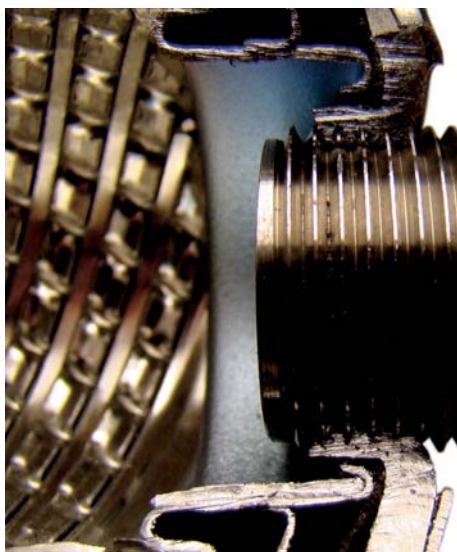


Abb. 1
Korrekte Gewindelänge

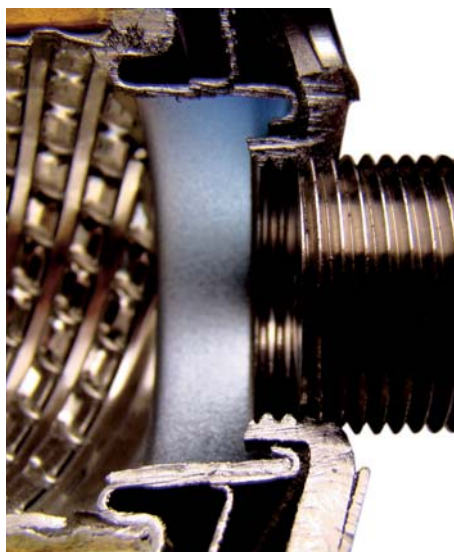


Abb. 2
Zu kurzes Gewindestück durch gelöste Kontermutter

10.4 Granulataustritt bei Lufttrockner-Patronen

BEFUND

Beim Abschrauben der Lufttrockner-Patrone ist teils aufgelöstes und veröltes Granulat im gesamten Anschraubbereich und in den Druckluftleitungen (Abb. 1–3). Zum Teil ist im Lufttrockner kein Granulat mehr vorhanden.

URSACHEN

Das Granulat im Lufttrockner hat sich aufgelöst und ist aus dem Lufttrockner in das Druckluftsystem gelangt. Dieses Auflösen des Granulats wird nur durch unsachgemäße Anwendung verursacht:

- Die Wechselintervalle sind überschritten.
- Die Regeneration des Granulats wird verhindert, beispielsweise durch ausschließliches Fahren im Kurzstreckenverkehr.
- Der Druckregler für die Regeneration des Granulats ist falsch eingestellt.
- Das Granulat ist durch einen defekten oder verschlissenen Druckluftkompressor verölt.
- Große Druckverluste im Bremssystem und in der Luftfederung verhindern, dass der Kompressor seinen Solldruck erreichen kann. Hierdurch ist ein Umschalten in die Regenerierungsphase nicht möglich.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die vorgegebenen Wechselintervalle sind unbedingt einzuhalten.
- Extremer Kurzstreckenverkehr mit Abschalten des Motors soll vermieden werden.
- Das Brems- und Luftfedersystem muss auf Dichtheit geprüft werden.
- Der Lufttrockner benötigt regelmäßig eine Regenerierungsphase. Hierzu müssen die Umschaltpunkte am Druckregler korrekt eingestellt sein.



Abb. 1
Granulataustritt aus der Lufttrockner-Patrone



Abb. 2
Verklumptes Granulat



Abb. 3
Granulat, Wasser und Öl in der Lufttrockner-Patrone

BEFUND

Das Filterpapier des Flüssigkeitsfilters ist versprödet und zersetzt (Abb. 1).

URSACHEN

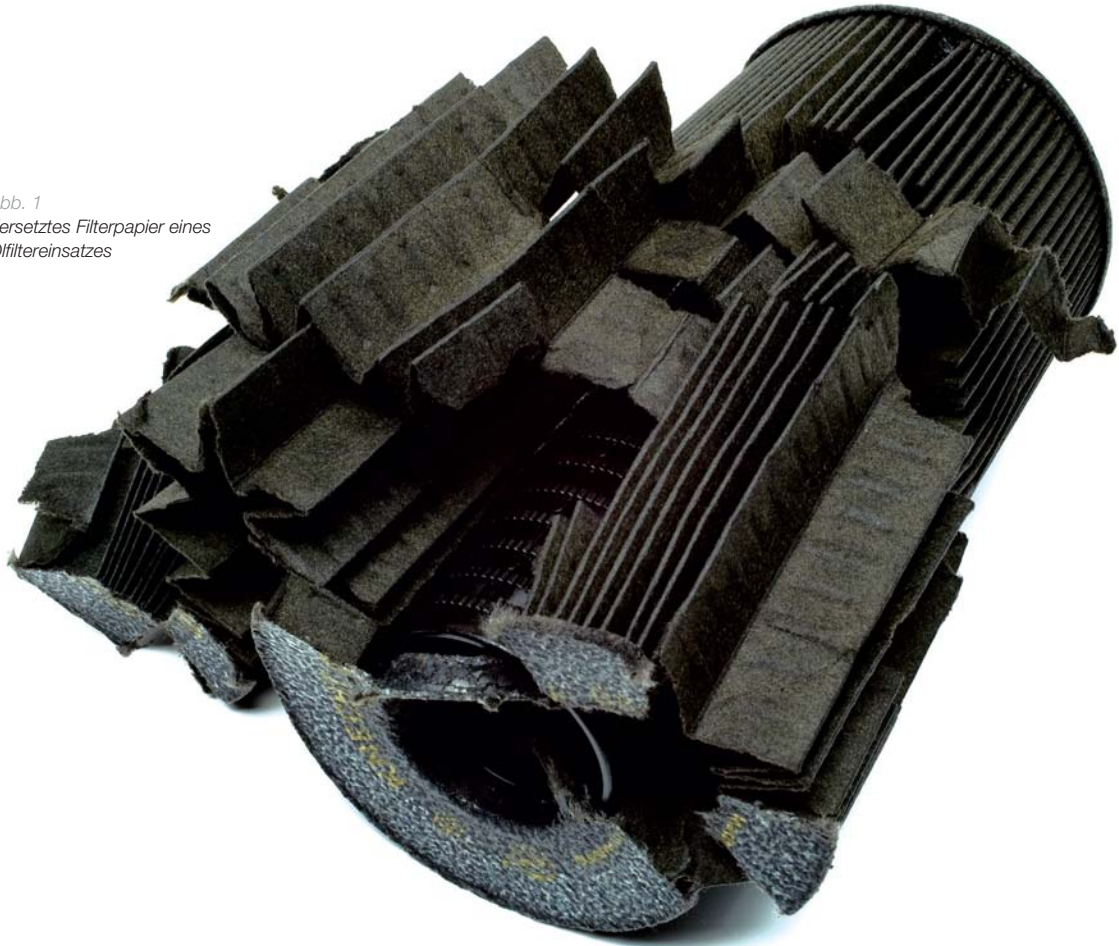
Dieses Schadensbild kann verschiedene Ursachen haben. Folgende Faktoren führen zum Verspröden und Zersetzen des Filterpapiers von Flüssigkeitsfiltern:

- Ab einer bestimmten Konzentration wirken chemische Bestandteile im Motoröl, z. B. Schwefel aus minderwertigen Kraftstoffen, aggressiv.
- Das Temperaturniveau ist zu hoch, z. B. beim Renneinsatz, Tuning oder beim Defekt am Kühlsystem.
- Die Wechselintervalle sind deutlich überzogen.

ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Wechselintervalle von Filter und Motoröl müssen unbedingt beachtet werden. Bei Verwendung von Biokraftstoffen wie Biodiesel oder Pflanzenöl, von Gas oder stark schwefelhaltigen Kraftstoffen sind die Ölwechselintervalle entsprechend zu verkürzen.
- Die Funktion des Thermostats, der Wasserpumpe und des Kühlers ist regelmäßig zu prüfen.

Abb. 1
Zersetztes Filterpapier eines
Ölfiltereinsatzes



11 Glossar

Anlagewechsel des Kolbens	Wechsel des Kolbens im oberen und unteren Totpunkt von Druck- auf Gegendruckseite und Gegendruck- auf Druckseite.
Anzugsvorschrift	Für Dehnschrauben geben die Motorenhersteller vor, in welcher Reihenfolge, mit welchem Drehmoment und welchem Drehwinkel die Schrauben angezogen werden müssen.
Bearbeitungsprofil	Genau definiertes Drehprofil am Kolbenschaft zur Optimierung der tribologischen Verhältnisse.
Biodiesel	Biodiesel wird nicht – wie konventioneller Dieselmotorkraftstoff – aus Rohöl, sondern aus Pflanzenölen oder tierischen Fetten gewonnen.
Biokraftstoff	Kraftstoff, der aus Biomasse hergestellt wird.
Blechmantel	Materialverquetschung, die beim Honen bedingt durch verschlissene oder zugesetzte Honleisten entstehen und zu erhöhtem Ölverbrauch führen kann.
Blow-by-Gas	Verbrennungsgas, das an den Kolben vorbei ins Kurbelgehäuse gelangt.
Cetanzahl	Kennzahl für die Zündwilligkeit von Dieselmotorkraftstoffen. Die Zündwilligkeit nimmt mit zunehmender Cetanzahl zu.
Dauerbruch	Bruch eines Bauteils, der auf Lastwechselbeanspruchung zurückzuführen ist.
Drehwinkel	Winkel, mit dem Dehnschrauben zusätzlich zu einem bestimmten Drehmoment angezogen werden.
Druckbegrenzventil (Ölpumpe)	Ventil, das Druckspitzen oder einen generellen Überdruck im Ölkreislauf verhindert, indem das Öl von der Ölpumpe direkt in die Ölwanne zurückgeleitet wird.
Druckluftkompressor	Motorbetriebener Kompressor, der die Druckluft für pneumatische Bremssysteme in Nutzfahrzeugen erzeugt.
Druckseite	Anlageseite des Kolbens während des Arbeitstaktes.

Einbauspiel	Maßliche Differenz zwischen größtem Kolbendurchmesser und Zylinderdurchmesser bei 20 °C. Eine Graphitbeschichtung am Kolben wird dabei nicht berücksichtigt.
Erosion	Beschädigung an Bauteiloberflächen durch Flüssigkeiten oder heiße Gase.
Fresser	Schaden, der entsteht, wenn sich zwei bewegende Teile aus Metall ohne Schmierung oder bei zu großem Anpressdruck zu lange aneinander reiben.
Frostschutzmittel	Zusatz zum Kühlmittel. Es verändert die physikalischen Eigenschaften des Wassers. Dadurch wird das Einfrieren des Kühlwassers verhindert und der Siedepunkt angehoben. Zusätzlich dient es zur Schmierung der Lager und der Wasserpumpe sowie als Korrosionsschutz im Motor.
Gasbetrieb	Verbrennungsmotor, der als Kraftstoff vorwiegend mit Gas (zumeist Autogas, Erdgas oder Gärgase) betrieben wird.
Gegendruckseite	Die am Kolben während des Arbeitstaktes geringer belastete Seite.
Gewaltbruch	Bruch eines Bauteils, der durch eine sehr starke, einmalige Überlastung eintritt.
Granulat	Hygroskopische kleine Kügelchen im Lufttrockner, die der Luft die Feuchtigkeit entziehen.
Honen	Zerspanende Zylinderbearbeitung durch Überlagerung von Rotations- und Hubbewegung eines Schleifwerkzeugs. Der dabei entstehende Kreuzschliff verbessert die tribologischen Eigenschaften der Zylinderoberfläche.
Honleisten	Schleifwerkzeug (Schleifleisten), das die zerspanende Arbeit beim Honen verrichtet.
Kaltstartanreicherung	Anreicherung des Kraftstoff-Luft-Gemisches mit Kraftstoff. Kalte Motoren benötigen für einen optimalen Rundlauf ein fetteres Kraftstoff-Luft-Gemisch.

Klemmpleuel	Pleuel, mit dem der Kolbenbolzen im kleinen Pleuelauge geklemmt wird. Dadurch sind keine Sicherungsringe erforderlich, um den Kolbenbolzen im Kolben zu fixieren.
Kolbenfresser	Schaden, der entsteht, wenn Kolben und Zylinder ohne Schmierung oder bei zu großem Anpressdruck zu lange aneinander reiben.
Kolbenüberstand/ -rückstand	Gibt die Stellung des Kolbens zur Zylinderblockdichtfläche im oberen Totpunkt an. Ragt der Kolben über die Blockdichtfläche, spricht man von einem Überstand. Steht der Kolben zur Blockdichtfläche zurück, spricht man von einem Rückstand.
Kraftstoffförderbeginn	Beginn der Kraftstoffeinspritzung bei einem festgelegten Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt des Kolbens bei Dieselmotoren.
Kraftstofffördermenge	Menge des eingespritzten Kraftstoffs bei Dieselmotoren.
Kühlöldüse	Gebogenes Röhrchen, das durch die gezielte Anspritzung des Kolbeninneren mit Motoröl aus dem Ölkreislauf dafür sorgt, dass das zulässige Temperaturniveau eingehalten wird. Bei Kolben mit Kühlkanal wird Motoröl in den ringförmigen Kanal gespritzt, was für eine verbesserte Kühlung des Kolbens sorgt.
Ladedruck	Druck nach dem Verdichter (Turbolader/Kompressor). Mit zunehmendem Ladedruck steigt die dem Motor zugeführte Luftmasse und damit bei gleichbleibendem Kraftstoff-Luft-Gemisch das Motordrehmoment bzw. die Leistung des Motors.
Lambdasonde	Sensor in der Abgasanlage zur Analyse und Regelung der Zusammensetzung der Abgase.
Lösewerkzeug	Werkzeug zum Abschrauben eines Anschraubfilters oder Ölfilterdeckels. Bezeichnung bei MAHLE: OCS. Das Werkzeug darf nur zum Lösen verwendet werden, nicht zum Anschrauben eines Filters (Gefahr von Beschädigung des Korrosionsschutzes).

Lüfter	Propeller, der den Kühler mit Frischluft anbläst. Der Lüfter wird mechanisch über eine Viskokupplung vom Motor angetrieben oder über einen separaten Elektromotor.
Luftdurchsatz	Die Quantität an Luft (Maßeinheit: Liter/Stunde), die durch ein Medium (Filter oder Leitungen) fließt.
Luftmassenmesser	Sensor in der Luftansaugung zur Messung der Ansaugluft, notwendig zur Einstellung des optimalen Kraftstoff-Luft-Gemisches.
Materialermüdung	Beschädigung des Werkstoffs durch länger anhaltende mechanische Überlastung.
Nebenluft	Luft, die an einer undichten Stelle in das System gelangt.
Oktanzahl	Kennzahl für die Klopfestigkeit (Neigung zur Selbstzündung) eines Ottokraftstoffes. Hierbei gilt: je höher die Oktanzahl, desto klopfester der Ottokraftstoff.
OT-Geber	Sensor zur Bestimmung der Stellung des Kolbens im Motor. Die Daten aus dem Sensor werden von der Motorsteuerung benötigt.
Pitting-Bildung	Vom Kolbenwerkstoff abgelöste Partikel, die an anderer Stelle wieder auf den Kolben aufplattiert werden.
Polymerisation	Vernetzung von Molekülketten, die das Motoröl schlagartig dickflüssig werden lassen.
Regenerierungsphase	Die Phase, in der das Granulat im Lufttrockner entfeuchtet wird, indem die trockene Luft aus dem Drucklufttank in umgekehrter Richtung in den Lufttrockner geblasen wird. Die Regenerierungsphase wird durch Regelventile eingeleitet.
Schwefelhaltiger Kraftstoff	Diesekraftstoff, in dem sich mehr als 0,5 % Schwefel befindet. Bei der Verbrennung von Schwefel entstehen aggressive Verbindungen, die sich im Motoröl ansammeln und zur Schädigung von Bauteilen führen. Daher müssen die Ölwechselintervalle entsprechend verkürzt werden.
Sicherungsring	Ringe, die den Kolbenbolzen in der Nabenbohrung fixieren.

Spaltmaß	Maß zwischen Kolbenboden (Kolben im oberen Totpunkt) und Zylinderkopf.
Spin-On-Filter	Anschraubfilter.
Steuerzeiten	Die Synchronisierung zwischen Ventiltrieb und Kurbelwellenstellung.
Stoßspiel	Spalt zwischen den Enden eines Kolbenrings in eingebautem Zustand.
Thermostat	Regelventil im Kühlmittelkreislauf. Während der Warmlaufphase zirkuliert das Kühlmittel nur im Motor. Bei warmem Motor wird das gesamte Kühlmittel durch den Kühler geleitet.
Totpunkt	Stellung des Kolbens im Zylinder: höchste Position = oberer Totpunkt, tiefste Position = unterer Totpunkt.
Tragfähigkeit	Stabilität des Ölfilms.
Tribologisches System	Reibungs- und Schmierverhältnis im Motor.
Tuning	Maßnahme zur Steigerung der Motorleistung.
Überdrehzahl	Drehzahl oberhalb des zulässigen Drehzahlbereichs. Zur Überdrehzahl kann es beispielsweise beim Einkuppeln nach dem Schalten in einen zu niedrigen Gang kommen.
Ventilkeil	Keil, der zur Fixierung von Ventilen benötigt wird.
Ventilrückstand	Abstand zwischen der Planfläche des Zylinderkopfes und den Ventilen.
Versulzung (Motoröl)	Vernetzung von Molekülketten, die das Motoröl schlagartig dickflüssig werden lassen. Dies kann beim Betrieb von Dieselmotoren mit Pflanzenölen passieren, wenn die Ölwechselintervalle nicht angepasst werden.
Visko-Kupplung	Antrieb von Lüftern bei einigen Motorenherstellern. In Abhängigkeit der Temperatur wird der Lüfter zugeschaltet.
Wärmewert	Kennwert von Zündkerzen.
Zündzeitpunkt	Stellung der Kurbelwelle, bei der das Kraftstoff-Luft-Gemisch bei Ottomotoren durch die Zündkerze entzündet wird.

MAHLE

Driven by performance

www.mahle-aftermarket.com

