



KOLBENSCHMIDT

WISSENSWERK

KOLBENRINGE FÜR
VERBRENNUNGSMOTOREN



TAKING RESPONSIBILITY IN A CHANGING WORLD



RHEINMETALL



MOTORSERVICE GRUPPE

QUALITÄT UND SERVICE AUS EINER HAND

Die Motorservice Gruppe ist die Vertriebsorganisation für die weltweiten Aftermarket-Aktivitäten von Rheinmetall. Sie ist ein führender Anbieter von Motorkomponenten für den freien Ersatzteilmarkt. Mit den Premiummarken Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components sowie den Marken BF und turbo by Intec bietet Motorservice seinen Kunden aus Handel und Werkstatt ein breites und tiefes Sortiment in Spitzenqualität.

RHEINMETALL

TECHNOLOGIEN FÜR DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT

Als weltweiter Automobilzulieferer nimmt Rheinmetall mit seiner Kompetenz in den Bereichen Luftversorgung, Schadstoffreduzierung und Pumpen sowie bei der Entwicklung, Fertigung und Ersatzteillieferung von Kolben, Motorblöcken und Gleitlagern Spitzenpositionen auf den jeweiligen Märkten ein. Die Produktentwicklung erfolgt in enger Kooperation mit renommierten Automobilherstellern.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents



Redaktion:

Motorservice, Technical Market Support

Layout und Produktion:

Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet.

Änderungen und Bildabweichungen vorbehalten.
Haftung ausgeschlossen.

Herausgeber:

© MS Motorservice International GmbH

Haftung

Alle Angaben in dieser Broschüre wurden sorgfältig recherchiert und zusammengestellt. Trotzdem können Irrtümer auftreten, Angaben falsch übersetzt werden, Informationen fehlen oder sich die bereitgestellten Informationen inzwischen verändert haben. Für Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität oder Qualität der bereitgestellten Informationen können wir daher weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung übernehmen. Jegliche Haftung unsererseits für Schäden, insbesondere für direkte oder indirekte sowie materielle oder immaterielle, die aus dem Gebrauch oder Fehlgebrauch von Informationen oder unvollständigen bzw. fehlerhaften Informationen in dieser Broschüre entstehen, ist ausgeschlossen, soweit diese nicht auf Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit unsererseits beruhen. Entsprechend haften wir nicht für Schäden, die dadurch entstehen, dass der Motoreninstandsetzer bzw. der Mechaniker nicht über das notwendige technische Fachwissen, die erforderlichen Reparaturkenntnisse oder Erfahrungen verfügen. Inwieweit die hier beschriebenen technischen Verfahren und Reparaturhinweise auf kommende Motorgenerationen anwendbar sind, lässt sich nicht vorhersagen und muss im Einzelfall vom Motoreninstandsetzer bzw. von der Werkstatt geprüft werden.

INHALT	SEITE
1 GRUNDLAGEN KOLBENRINGE	5
1.1 Anforderungen an Kolbenringe	5
1.2 Die Hauptaufgaben von Kolbenringen	6
1.3 Arten von Kolbenringen	8
1.4 Kolbenringbenennungen	18
1.5 Aufbau und Form von Kolbenringen	19
1.6 Funktion und Eigenschaften	26
2 EINBAU UND SERVICE	39
2.1 Beurteilung gebrauchter Bauteile	39
2.2 Beurteilung gebrauchter Kolben	40
2.3 Beurteilung gelaufener Zylinderbohrungen	42
2.4 Kolben- und Kolbenringmontage	48
2.5 Motoreninbetriebnahme und Einlauf	55
2.6 Abdichtprobleme und Schäden an Kolbenringen	59
2.7 Schmierung und Ölverbrauch	68





DAS THEMA

Kolbenringe gibt es so lange wie Verbrennungsmotoren selbst. Trotzdem herrscht bei Fachleuten und Anwendern auch heute noch vielfach Unkenntnis oder Teilwissen über Kolbenringe. Kein anderes Bauteil wird so kritisch betrachtet, wenn es um Leistungsverlust und Ölverbrauch geht. Bei keinem anderen Bauteil im Motor ist die Kluft zwischen Erwartungshaltung und eingesetztem Kapital größer als beim Austausch von Kolbenringen.

Allzu oft leidet das Vertrauen in Kolbenringe unter zu hohen Erwartungen, die an sie gestellt werden. So halten sich – entgegen besseren Wissens – häufig Halb- und Unwahrheiten, falsche Vorstellungen und Fehleinschätzungen bei Werkstätten und Endverbrauchern. Am häufigsten leiden Kolbenringe jedoch unter Billigreparaturen (z. B. der Wiederverwendung von verschlissenen Gleitpartnern) und unqualifiziertem Einbau.

DIE BROSCHÜRE

Mit der vorliegenden Broschüre haben wir uns der Thematik der Kolbenringe aus Anwendersicht genähert. Wir haben darauf verzichtet, allzu tief in die konstruktiven Gegebenheiten einzusteigen und legen den Fokus auf praktische Gesichtspunkte. Wird trotzdem auf konstruktive und entwicklungstechnische Themen eingegangen, dann dient dies der Ergänzung, bzw. dem besseren Verständnis.

Die Broschüre befasst sich hauptsächlich mit Kolbenringen aus den Bereichen Personenkraftwagen und Nutzfahrzeuge. Motoren, die ursprünglich für Fahrzeuganwendungen konzipiert wurden, aber z. B. in Schiffen, Lokomotiven, Baumaschinen und Stationärmotoren eingesetzt werden, sind ebenfalls abgedeckt. Neben einem technischen Grundlagenteil bietet der Praxisteil „Einbau und Service“ ausführliche Informationen zum Einbau und Austausch von Kolbenringen, als auch zu nützlichen, verwandten Themen wie Schmierung, Ölverbrauch und Motoreneinlauf.

Grundlage für eine erfolgreiche Reparatur und Überholung sind fundierte Kenntnisse über die Zusammenhänge im Motor. Wir zeigen auf, was nötig ist, um zum Reparaturerefolg zu kommen und was passieren kann, wenn bestimmte Details nicht beachtet werden.

1 GRUNDLAGEN KOLBENRINGE

1.1 ANFORDERUNGEN AN KOLBENRINGE

Kolbenringe für Verbrennungsmotoren müssen alle Anforderungen an eine dynamische Linearabdichtung erfüllen. Sie müssen sowohl thermischen und chemischen Einflüssen standhalten, als auch eine Reihe von Funktionen erfüllen. Zudem sollten sie folgende Eigenschaften besitzen:

Funktionen

- Verhinderung (Abdichtung) von Gasdurchtritt vom Verbrennungsraum in das Kurbelgehäuse, damit kein Gasdruck und respektive Motorleistung verloren geht
- Abdichtung, d. h. Verhinderung des Durchtrittes von Schmieröl aus dem Kurbelraum in den Verbrennungsraum
- Sicherstellen einer genau definierten Schmierfilmdicke auf der Zylinderwand
- Verteilung des Schmieröls auf der Zylinderwand
- Stabilisierung der Kolbenbewegung (Kolbenkippen) – vor allem bei kalten Motoren und noch großem Laufspiel der Kolben im Zylinder
- Wärmetransfer (Wärmeabfuhr) vom Kolben zum Zylinder

Eigenschaften

- geringer Reibwiderstand, damit nicht zu viel Motorleistung verloren geht
- gute Widerstandsfähigkeit und Verschleißfestigkeit gegenüber thermomechanischer Ermüdung, chemischen Angriffen und Heißkorrosion
- Kolbenring darf am Zylinder keinen übermäßigen Verschleiß verursachen – sonst reduziert sich die Lebensdauer des Motors drastisch
- lange Lebensdauer, Betriebssicherheit und Kosteneffektivität über die gesamte Betriebszeit



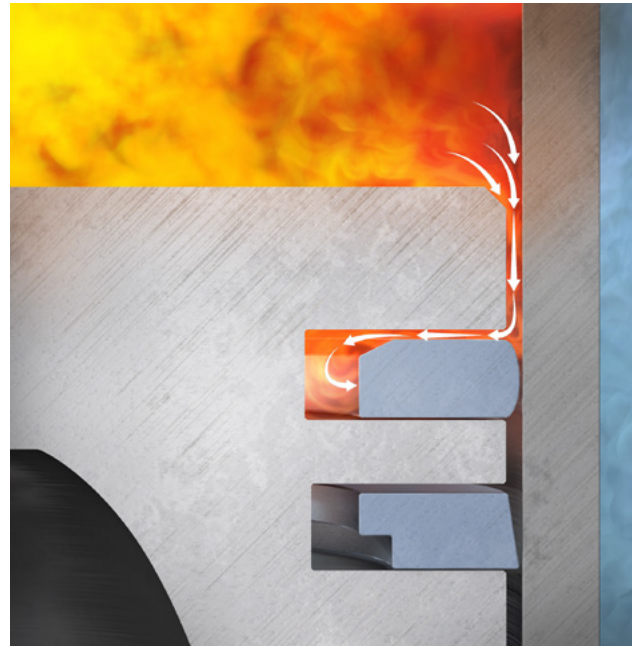
1.2 DIE HAUPTAUFGABEN VON KOLBENRINGEN

1.2.1 ABDICHTUNG VON VERBRENNUNGSGASEN

Die Hauptaufgabe von Verdichtungsringen besteht darin, den Gasdurchlass von Verbrennungsgasen zwischen Kolben und Zylinderwand ins Kurbelgehäuse zu verhindern. Dies erreicht man bei der überwiegenden Anzahl von Motoren durch zwei Verdichtungsringe, die zusammen ein Gaslabyrinth bilden.

Kolbenringdichtsysteme in Verbrennungsmotoren sind konstruktionsbedingt nicht zu 100 % dicht, so dass immer kleine Leckgasmengen an den Kolbenringen vorbei ins Kurbelgehäuse gelangen. Es handelt sich hierbei jedoch um einen normalen Sachverhalt, der sich aufgrund der Konstruktion nicht gänzlich vermeiden lässt.

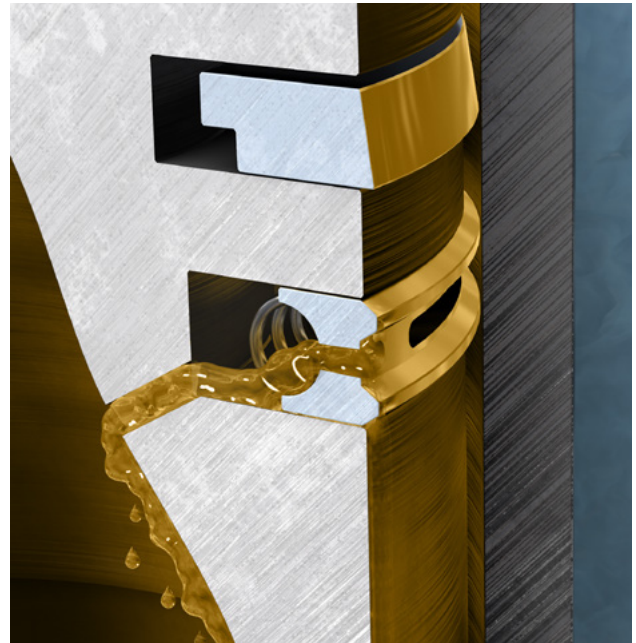
Ein übermäßiger Transfer von heißen Verbrennungsgasen vorbei an Kolben und Zylinderwand muss aber in jedem Fall vermieden werden. Dies hätte Leistungsverlust, eine erhöhte Wärmezufuhr in die Bauteile und einen Verlust der Schmierwirkung zur Folge. Die Lebensdauer und die Funktion des Motors wären dadurch in Frage gestellt. Auf die verschiedenen Ring- und Dichtfunktionen sowie den entstehenden Blow-by-Gasausstoß wird in den nachfolgenden Kapiteln näher eingegangen.



Abdichtung von Verbrennungsgasen

1.2.2 ÖL ABSTREIFEN UND VERTEILEN

Neben der Abdichtung zwischen Kurbel- und Verbrennungsraum, regulieren Kolbenringe auch den Ölfilm. Das Öl wird von den Ringen gleichmäßig auf der Zylinderwand verteilt. Überschüssiges Öl wird vorwiegend vom Ölabstreifring (3. Ring) aber auch von den kombinierten Abstreif-Verdichtungsringen (2. Ring) abgestreift.

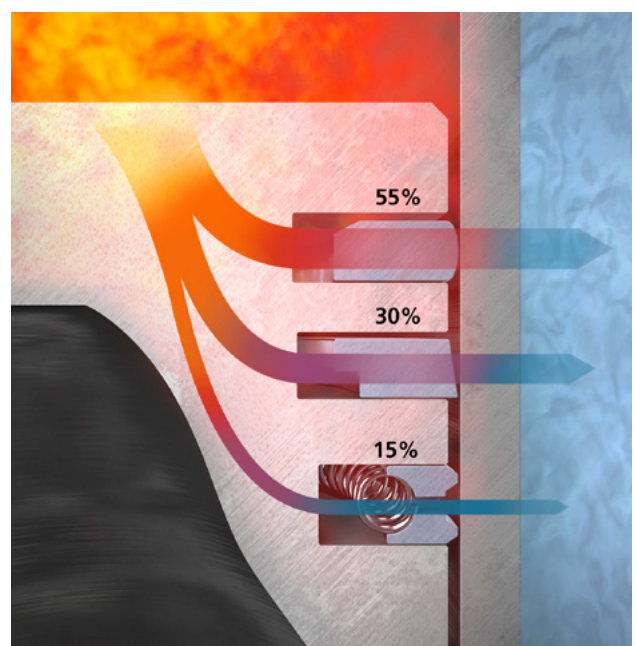


Öl abstreifen und verteilen

1.2.3 WÄRMEABLEITUNG

Temperaturmanagement für den Kolben ist eine weitere wichtige Aufgabe der Kolbenringe. Der Hauptteil (ca. 70%) der vom Kolben während der Verbrennung absorbierten Wärme wird von den Kolbenringen an den Zylinder abgeführt. Besonders die Verdichtungsringe sind maßgeblich an der Wärmeabfuhr beteiligt.

Ohne diese kontinuierliche Wärmeableitung der Kolbenringe würde es innerhalb weniger Minuten zum Kolbenfresser in der Zylinderbohrung oder gar zum Schmelzen des Kolbens kommen. Unter diesem Gesichtspunkt ist es verständlich, dass die Kolbenringe zu jeder Zeit guten Kontakt mit der Zylinderwand haben müssen. Kommt es zu Unrundheiten im Zylinder oder zu einer Blockade der Kolbenringe in der Ringnut (Verkokung, Schmutz, Deformation), ist es nur eine Frage der Zeit, bis mangels Wärmeabfuhr Überhitzungsercheinungen am Kolben auftreten.

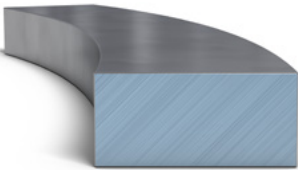


Wärmeableitung

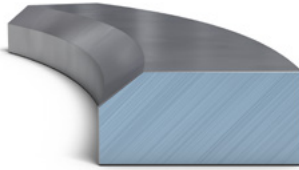
1.3 ARTEN VON KOLBENRINGEN

1.3.1 VERDICHTUNGSRINGE

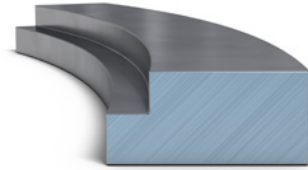
RECHTECKRINGE



Rechteckring



Rechteckring mit Innenfase



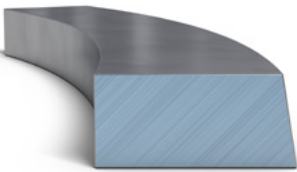
Rechteckring mit Innenwinkel



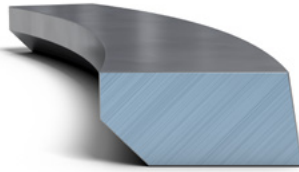
Rechteckring

Unter dem Begriff Rechteckringe versteht man Ringe mit rechteckigem Querschnitt. Die beiden Ringflanken liegen parallel zueinander. Diese Ringausführung ist die einfachste und am häufigsten verwendete Art bei Verdichtungsringen. Sie wird heute überwiegend als erster Verdichtungsring bei allen Pkw-Ottomotoren und teilweise auch bei Pkw-Dieselmotoren eingesetzt. Innenfasen und Innenwinkel bewirken eine Ringvertwüstung im eingebauten (gespannten) Zustand. Die Lage der Fase bzw. des Innenwinkels an der oberen Kante bewirkt eine „positive Ringvertwüstung“. Wie die Vertwüstung genau wirkt, siehe Kapitel 1.6.9 Ringvertwüstung.

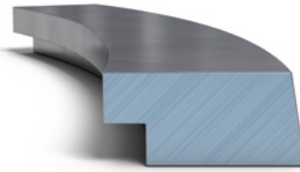
MINUTENRINGE – VERDICHTUNGSRINGE MIT ÖLABSTREIFFUNKTION



Minutenring



Minutenring mit Innenfase unten



Minutenring mit Innenwinkel unten



HINWEIS

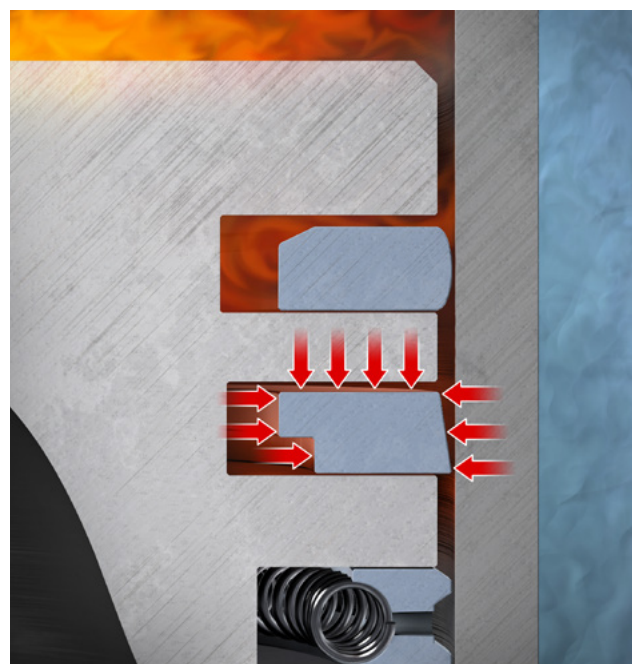
Minutenringe werden bei allen Motorarten (Pkw, Nkw, Benzin und Diesel) hauptsächlich in der zweiten Ringnut eingesetzt.

Diese Ringe haben eine Doppelfunktion. Sie unterstützen den Verdichtungsring bei der Gasabdichtung und den Ölabstreifring bei der Regulierung des Ölfilms.

Minutenringe (Abb. 2) besitzen an der Lauffläche eine konische Form. Die Winkelabweichung zum Rechteckring beträgt je nach Ausführung ca. 45 bis 60 Winkelminuten. Durch die Form trägt der Ring im Neuzustand nur an der Unterkante und liegt damit nur punktuell in der Zylinderbohrung an. Dadurch kommt es in diesem Bereich zu einer hohen mechanischen Flächenpressung und zu einem gewünschten Materialabtrag. Dieser gewünschte Einlaufverschleiß führt schon nach kurzer Betriebsdauer zu einer perfekten runden Form und damit zur guten Dichtwirkung. Nach einer Laufzeit von mehreren 100.000 km kommt es verschleißbedingt zu einem Abtrag der konischen Lauffläche, so dass der Minutenring dann eher die Funktion eines Rechteckringes wahrnimmt. Der vormalig als Minutenring produzierte Ring leistet nun als Rechteckring immer noch gute Abdichtarbeit. Dadurch, dass Gasdruck auch von vorne auf den Ring wirkt (der Gasdruck kann in den Dichtspalt zwischen Zylinder und Kolbenringlauf­fläche eindringen), wird die Gasdruckverstärkung etwas gemindert. Es kommt während der Einlaufzeit des Ringes zu einem etwas reduzierten Anpressdruck und zu einem sanfteren Einlauf mit weniger Verschleiß.

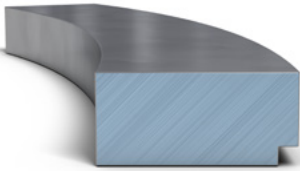
Neben der Funktion als Verdichtungsring besitzen Minutenringe auch gute Ölabstreifeigenschaften. Dies wird durch die zurückgesetzte obere Ringkante bewirkt. Bei der Auf-

wärtsbewegung vom unteren zum oberen Totpunkt gleitet der Ring über den Ölfilm. Durch die hydrodynamischen Kräfte (Schmierkeilbildung) hebt sich der Ring etwas von der Zylinderoberfläche ab. Bei der Bewegung in umgekehrter Richtung dringt die Kante tiefer in den Ölfilm ein und streift auf diese Weise das Öl vornehmlich zum Kurbelraum hin ab. Minutenringe werden bei Ottomotoren auch in der ersten Ringnut eingesetzt. Die Lage der Fase bzw. des Innenwinkels an der unteren Kante bewirkt hier einen negativen Ringtwist (siehe Kapitel 1.6.9 Ringvertwistung).



Gasdruck am Minutenring

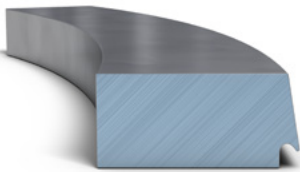
NASENRINGE



Nasenring

Beim Nasenring ist die Unterkante der Ringlauffläche mit einer rechteckigen oder hinterdrehten Aussparung versehen, der neben der Gasabdichtung ebenfalls eine Ölabstreifwirkung besitzt. Die Aussparung bewirkt ein gewisses Volumen, in welchem sich das abgestreifte Öl sammeln kann, bevor es in die Ölwanne zurückläuft.

Der Nasenring wurde früher als zweiter Verdichtungsring bei vielen Motorvarianten eingesetzt. Heute kommen anstelle von Nasenringen hauptsächlich Nasenminutenringe zum Einsatz. Nasenringe werden auch bei Kompressorkolben für Luftdruckbremsanlagen verwendet – dort vornehmlich als erster Verdichtungsring.



Nasenminutenring

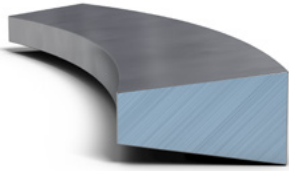
Der Nasenminutenring ist die Weiterentwicklung des Nasenringes. Durch die konische Lauffläche wird die Ölabstreifwirkung verstärkt. Bei Kolbenverdichtern wird der Nasenminutenring nicht nur in der zweiten, sondern auch in der ersten Ringnut eingesetzt.



Nasenminutenring mit geschlossenem Stoß

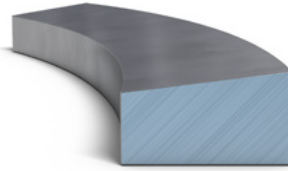
Bei manchen Nasenminutenringen läuft zur Verbesserung der Gasabdichtfunktion die hinterdrehte Aussparung nicht bis zum Stoßende. Damit wird im Vergleich zum normalen Nasenminutenring eine Verringerung des Blow-by-Gasausstoßes erreicht (siehe auch Kapitel 1.6.5 Stoßspiel).

TRAPEZRINGE



Doppelseitiger Trapezring

Bei doppelseitigen Trapezringen liegen die beiden Ringflanken nicht parallel sondern stehen trapezförmig zueinander. Der Winkel beträgt in der Regel 6° , 15° oder 20° .



Einseitiger Trapezring

Bei einseitigen Trapezringen weist die untere Ringflanke keinen Winkel auf und liegt rechtwinklig zur Ringlauffläche.

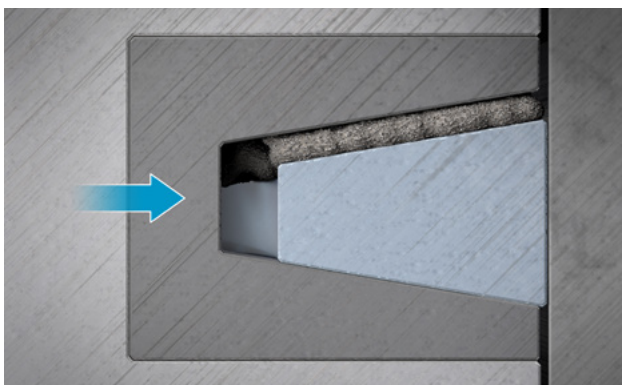
Trapezringe oder einseitige Trapezringe werden eingesetzt, um einer Verkokung der Ringnuten und damit einem Festsitzen der Ringe in den Ringnuten entgegenzuwirken. Besonders dann, wenn sehr hohe Temperaturen auch innerhalb der Ringnut auftreten, besteht die Gefahr, dass das in der Ringnut vorhandene Motoröl aufgrund der Temperatureinwirkung verkockt. Bei Dieselmotoren kommt es neben einer möglichen Ölverkockung auch zur Rußbildung. Diese fördert ebenfalls Ablagerungen in der Ringnut. Würden die Kolbenringe durch Ablagerungen in der Nut festsitzen, würden die heißen Verbrennungsgase ungehindert zwischen Kolben und Zylinderwand vorbeistreichen und den Kolben überhitzen. Kolbenkopfabzmelzungen und schwere Kolbens Schäden

wären die Folge. Der Trapezring wird aufgrund der höheren Temperaturen und Rußbildung bevorzugt bei Dieselmotoren in der obersten Ringnut, manchmal auch in der zweiten Ringnut, eingesetzt.



ACHTUNG

Trapezringe (einseitig und doppelt) dürfen nicht in normale Rechtecknuten eingesetzt werden. Bei der Verwendung von Trapezringen müssen die zu bestückenden Ringnuten am Kolben immer auch die entsprechenden Formgebungen aufweisen.



Reinigungsfunktion: Aufgrund der Formgebung der Trapezringe und deren Bewegung in der Ringnut durch das Kolbenkippen (siehe Kapitel 1.6.11 Kolbenringbewegungen) werden Verkokungen mechanisch zerrieben.

1.3.2 ÖLABSTREIFRINGE

FUNKTION

Ölabstreifringe sind konstruiert, Öl auf der Zylinderwand zu verteilen und das überschüssige Öl von der Zylinderwand abzustreifen. Ölabstreifringe besitzen zur Verbesserung der Dicht- und Abstreiffunktion für gewöhnlich zwei Abstreifstege. Jeder dieser Stege streift überschüssiges Öl von der Zylinderwand. Es fällt also sowohl an der Unterkante des Ölabstreifringes als auch zwischen den Stegen ein gewisses Ölvolumen an, das aus dem Ringbereich abgeführt werden muss. Unter dem Gesichtspunkt der Kolbenkipfbewegung innerhalb der Zylinderbohrung, ist die Abdichtfunktion umso besser, je näher die beiden Ringstege beieinander liegen.

Vor allem das Ölvolumen, das vom oberen Abstreifsteg abgestreift wird und zwischen den Stegen anfällt, muss aus diesem Bereich abgeführt werden, da dieses sonst ggf. über den Ölabstreifring gelangt und dann vom zweiten Verdichtungsring abgestreift werden muss. Zu diesem Zweck haben ein- und zweiteilige Ölabstreifringe entweder Längsschlitze oder Bohrungen zwischen den Ringstegen. Das vom oberen Steg abgestreifte Öl wird durch diese Öffnungen im Ringkörper auf die Rückseite des Ringes geführt.

Von da an kann die weitere Drainage des abgestreiften Öls auf unterschiedliche Weise erfolgen. Eine Methode ist, das Öl über Bohrungen in der Ölabstreifnut auf die Kolbeninnenseite zu führen, damit es von dort in die Ölwanne zurücktropfen kann. Bei so genannten Coverslots (Abb. 1) wird das abgestreifte Öl über die Aussparung um die Bolzennabe an der Kolbenaußenseite zurückgeführt. Aber auch eine Kombination aus beiden Ausführungen kommt zum Einsatz.

Beide Ausführungen haben sich für die Drainage des abgestreiften Öls bewährt. Je nach Kolbenform, Verbrenungsverfahren oder Einsatzzweck kommt sowohl die eine als auch die andere Ausführung zum Einsatz. Eine generelle Aussage zugunsten einer der beiden Ausführungen lässt sich theoretisch nur unzureichend treffen. Die Entscheidung welche Methode sich für den jeweiligen Kolben besser eignet, wird deshalb in diversen praktischen Prüfläufen ermittelt.



Ölabstreifring

HINWEIS

Bei Zweitaktmotoren erfolgt die Schmierung des Kolbens über eine Gemischschmierung. Konstruktionsbedingt kann deshalb auf den Einsatz eines Ölabstreifringes verzichtet werden.

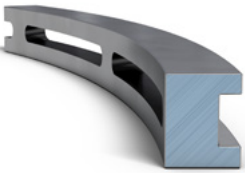
EINTEILIGE ÖLABSTREIFRINGE

Einteilige Ölabstreifringe werden im modernen Motorenbau nicht mehr eingesetzt. Sie beziehen ihre Spannung einzig aus dem Kolbenringquerschnitt. Diese Ringe sind deshalb relativ steif und haben ein schlechteres Formfüllungsvermögen und damit ein weniger gutes Abdichtverhalten als mehrteilige Ölabstreifringe. Einteilige Ölschlitzringe werden aus Grauguss gefertigt.



Ölabstreifring

BAUFORMEN



Ölschlitzring

Einfachste Ausführung mit rechteckigen Abstreifstegen und mit Ölschlitzen zur Öldrainage.



Dachfasenring

Im Vergleich zum Ölschlitzring sind die Kanten der Laufstege angefast, um eine verbesserte Flächenpressung zu erreichen.



Gleichfasenring

Bei diesem Ring sind die Laufstege nur zur Brennraumseite hin angefast. Dadurch ergibt sich eine stärkere Ölabstreifwirkung bei der Abwärtsbewegung des Kolbens.

ZWEITEILIGE ÖLABSTREIFRINGE (SCHLAUCHFEDERAUSFÜHRUNGEN)

Zweiteilige Ölabstreifringe bestehen aus einem Ringkörper und einer dahinter liegenden Spiralfeder. Der Ringkörper besitzt im Vergleich zum einteiligen Ölabstreifring einen deutlich geringeren Querschnitt. Dadurch ist der Ringkörper relativ flexibel und besitzt ein sehr gutes Formfüllungsvermögen. Das Federbett der Schlauchfeder an der Innenseite des Ringkörpers ist entweder halbrund oder v-förmig ausgebildet.

Die eigentliche Spannung kommt von einer Spiraldruckfeder aus warmfestem Federstahl. Diese liegt hinter dem Ring und presst ihn gegen die Zylinderwand. Die Federn liegen im Betrieb fest an der Rückseite des Ringkörpers und bilden zusammen eine Einheit. Obwohl sich die Feder nicht gegen den Ring verdreht, dreht sich die ganze Ringeinheit – wie andere Ringe auch – frei in der Kolbenringnut. Die Radialdruckverteilung ist bei zweiteiligen Ölabstreifringen immer symmetrisch, weil der Anpressdruck über den gesamten Spiralfederumfang gleichmäßig groß ist (siehe hierzu auch Kapitel 1.6.2 Radialdruckverteilung).

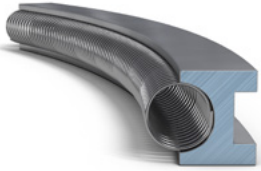
Zur Erhöhung der Lebensdauer werden die Außendurchmesser der Federn geschliffen, am Ringstoß enger gewickelt oder auch mit einem Teflonschlauch überzogen. Durch diese Maßnahmen wird der Reibverschleiß zwischen Ringkörper und Spiralfeder vermindert. Die Ringkörper der zweiteiligen Ringe bestehen entweder aus Grauguss oder aber aus Stahl.



HINWEIS

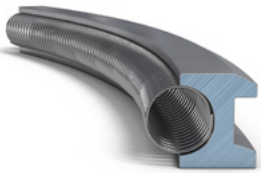
Die Maulweite – der Abstand der Stoßenden des Ringkörpers im ausgebauten Zustand ohne die dahinter liegende Expanderfeder – ist bei mehrteiligen Ölabstreifringen unerheblich. Besonders bei Stahlringen kann die Maulweite gegen null gehen. Dies stellt keinen Mangel oder Grund zur Beanstandung dar.





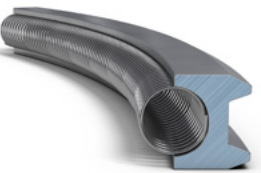
Ölschlitzring mit Schlauchfeder

Einfachste Bauform mit besserer Dichtwirkung als beim einteiligen Ölschlitzring.



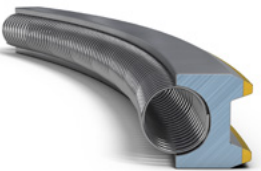
Gleichfasenschlauchfederring

Gleiche Laufflächenform wie beim Gleichfasenring, jedoch mit besserer Dichtwirkung.



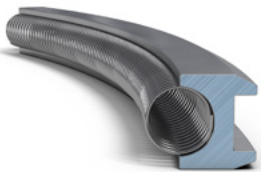
Dachfasenschlauchfederring

Gleiche Laufflächenform wie beim Dachfasenring, jedoch mit besserer Dichtwirkung. Es handelt sich um den am weitest verbreiteten Ölabstreifring. Er kann in jeder Motorenbauart eingesetzt werden.



Dachfasenschlauchfederring mit verchromten Laufstegen

Gleiche Eigenschaften wie beim Dachfasenschlauchfederring, jedoch mit erhöhter Verschleißfestigkeit und damit längerer Lebensdauer. Er eignet sich daher besonders für Dieselmotoren.

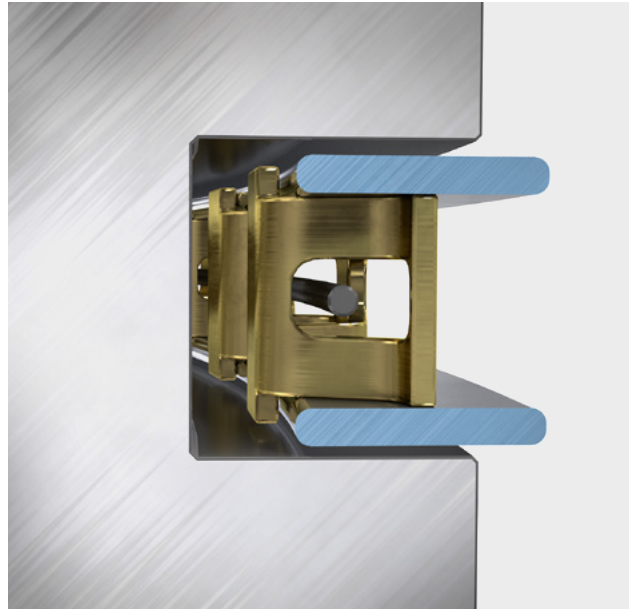


Dachfasenschlauchfederring aus nitriertem Stahl

Dieser Ring wird aus einem Profilstahlband gewickelt und ist mit einer allseitigen Verschleißschutzschicht versehen. Er ist sehr flexibel und weniger bruchgefährdet als die oben genannten Graugussringe. Die Öldrainage zwischen den Rails wird durch ausgestanzte runde Öffnungen realisiert. Diese Art Ölabstreifring wird vornehmlich bei Dieselmotoren eingesetzt.

DREITEILIGE ÖLABSTREIFRINGE

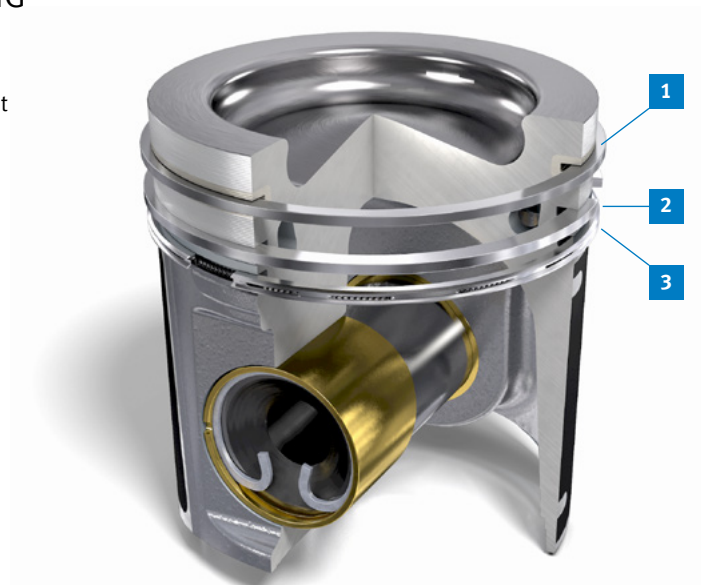
Dreiteilige Ölabstreifringe bestehen aus zwei dünnen Stahllamellen, die von einer Abstands- und Expanderfeder gegen die Zylinderwand gepresst werden. Stahllamellen-Ölabstreifringe gibt es entweder mit verchromten Laufflächen oder aber allseitig nitriert. Letztere führen zur Verbesserungen der Verschleißeigenschaften auf der Lauffläche als auch zwischen der Expanderfeder und den Lamellen (Sekundärverschleiß). Dreiteilige Ölabstreifringe haben ein sehr gutes Formfüllungsvermögen und werden vornehmlich bei Pkw-Ottomotoren eingesetzt.



Dreiteiliger Ölabstreifring

1.3.3 TYPISCHE KOLBENRINGBESTÜCKUNG

Die komplexen Anforderungen, die an die Kolbenringe gestellt werden, können nicht nur von einem Kolbenring erfüllt werden. Dies lässt sich nur durch eine Kombination verschiedener Kolbenringtypen bewerkstelligen. Im modernen Fahrzeug-Motorenbau hat sich deshalb eine Kombination von einem Verdichtungsring, einem kombinierten Verdichtungs- und Abstreifring und einem reinen Ölabstreifring bewährt. Kolben mit mehr als drei Ringen sind heute verhältnismäßig selten.



- 01 Verdichtungsring
- 02 Verdichtungs- und Abstreifring
- 03 Ölabstreifring

1.3.4 DER GEEIGNETSTE KOLBENRING

Es gibt weder den besten Kolbenring, noch die beste Kolbenringbestückung. Jeder Kolbenring ist ein „Spezialist“ auf seinem Gebiet. Jede Ringausführung und Ringzusammenstellung ist letztendlich ein Kompromiss von völlig unterschiedlichen und zum Teil gegensätzlichen Anforderungen. Schon die Veränderung von nur einem Kolbenring kann die ganze Ringsatzabstimmung aus dem Gleichgewicht bringen.

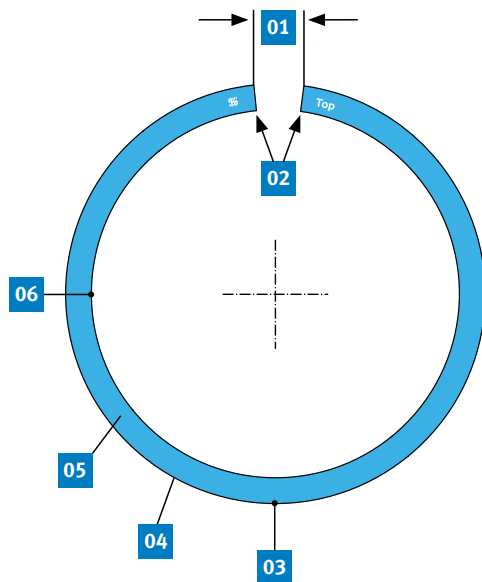
Die endgültige Kolbenringabstimmung für einen neu zu konstruierenden Motor wird grundsätzlich anhand umfangreicher Testläufe auf dem Prüfstand festgelegt – als auch unter normalen Betriebsbedingungen.

Die nachfolgende Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, zeigt aber, wie sich unterschiedliche Ringeigenschaften auf die verschiedenen Ringfunktionen auswirken.

- günstig – positiv
- medium – neutral
- ungünstig – negativ

Anforderung	Reibung	Einlauf	Lebensdauer
hohe Ringspannung	●	●	●
niedrige Ringspannung	●	●	●
verschleißfestes Material	–	●	●
weicherer Material	–	●	●
niedrige Ringhöhe	●	●	●
hohe Ringhöhe	●	●	●

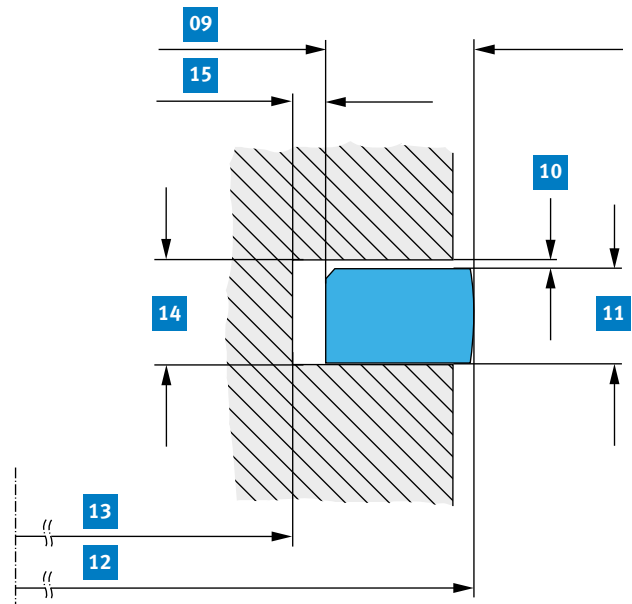
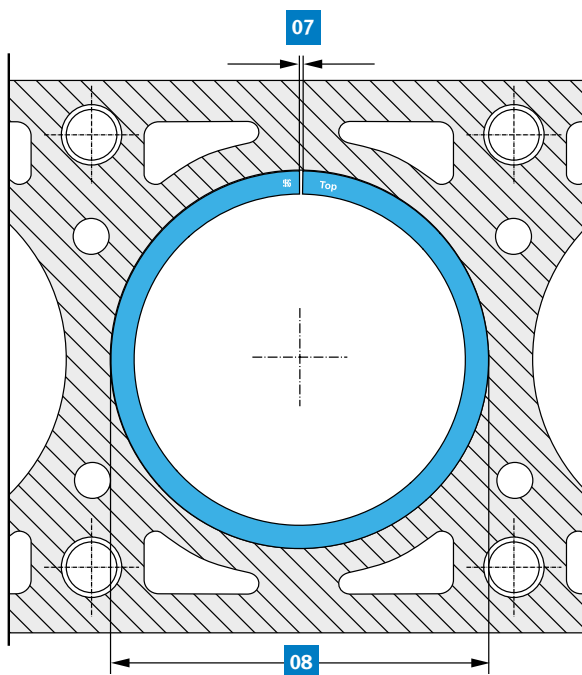
1.4 KOLBENRINGBENENNUNGEN



- 01 Maulweite
- 02 Stoßenden
- 03 Ringrücken (gegenüber Stoßenden)
- 04 Ringlauffläche
- 05 Ringflankenfläche
- 06 Ringinnenfläche

- 07 Stoßspiel (Kaltspiel)
- 08 Zylinderdurchmesser

- 09 radiale Wanddicke
- 10 axiales Spiel
- 11 Kolbenringhöhe
- 12 Zylinderdurchmesser
- 13 Nutgrunddurchmesser
- 14 Nuthöhe
- 15 radiales Spiel



1.5 AUFBAU UND FORM VON KOLBENRINGEN

1.5.1 KOLBENRINGWERKSTOFFE

Werkstoffe von Kolbenringen werden anhand von Laufeigenschaften und Bedingungen ausgewählt, unter denen die Kolbenringe arbeiten müssen. Gute Elastizität und Korrosionswiderstand sind genauso wichtig, wie eine hohe Resistenz gegenüber Beschädigung unter extremen Einsatzbedingungen. Grauguss ist auch heute noch der Hauptwerkstoff, aus dem Kolbenringe gefertigt werden. Aus tribologischer Sicht bietet Grauguss und die im Gefüge enthaltenen Graphiteinlagerungen sehr gute Notlaufeigenschaften (Trockenschmierung durch Graphit).

Diese sind besonders dann wichtig, wenn die Schmierung durch Motoröl nicht mehr gewährleistet ist oder der Schmierfilm bereits zerstört ist. Weiterhin dienen die Graphitadern innerhalb der Ringstruktur als Ölreservoir und wirken auch hier der Zerstörung des Schmierfilmes unter widrigen Einsatzbedingungen entgegen.

Als Graugusswerkstoffe kommen folgende Werkstoffe zum Einsatz

- Gusseisen mit lamellar ausgebildeter Graphitstruktur (Lamellengraphitguss), vergütet und unvergütet
- Gusseisen mit globular ausgebildeter Graphitstruktur (Kugelgraphitguss), vergütet und unvergütet

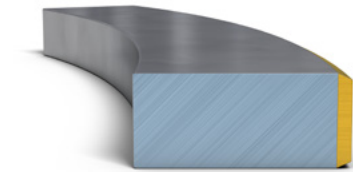
Als Stahlwerkstoffe kommen Chromstahl mit martensitischer Mikrostruktur und Federstahl zum Einsatz. Zu Erhöhung des Verschleißwiderstandes sind die Oberflächen gehärtet. Dies erfolgt in der Regel durch Nitrieren*.

* Das Nitrieren (Nitridieren) wird in der Fachsprache auch als Aufsticken (Zufuhr von Stickstoff) bezeichnet und stellt ein Verfahren zum Härten von Stahl dar. Das Nitrieren wird in der Regel bei Temperaturen um 500 bis 520°C bei Behandlungszeiten von 1 bis 100 Stunden durchgeführt. An der Werkstückoberfläche bildet sich durch Eindiffusion von Stickstoff eine sehr harte, oberflächliche Verbindungsschicht aus Eisennitrid. Je nach Behandlungszeit kann diese 10–30 µm dick werden. Gängige Verfahren sind das Salzbadnitrieren (z. B. Kurbelwellen), Gasnitrieren (bei Kolbenringen) und Plasmanitrieren.

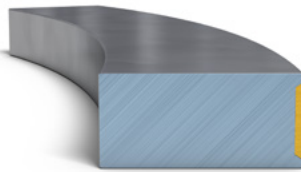


Kolbenring Gießprozess

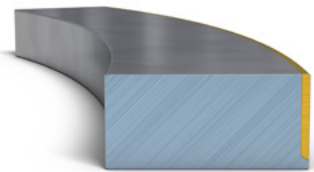
1.5.2 BESCHICHTUNGSWERKSTOFFE VON LAUFFLÄCHEN



voll beschichtet



gekammert



einseitig gekammert

Die Laufstege oder Laufflächen von Kolbenringen können zur Verbesserung der tribologischen* Eigenschaften beschichtet werden. Dabei steht vor allem die Erhöhung des Verschleißwiderstandes als auch die Sicherstellung der Schmierung und Abdichtung unter Extrembedingungen im Vordergrund. Das Beschichtungsmaterial muss sowohl mit den Werkstoffen des Kolbenringes und der Zylinderwand harmonisieren als auch mit dem Schmiermittel. Der Einsatz von Laufflächenbeschichtungen ist bei Kolbenringen weit verbreitet. Häufig werden die Ringe von Serienmotoren mit Chrom, Molybdän und Ferrooxid versehen.

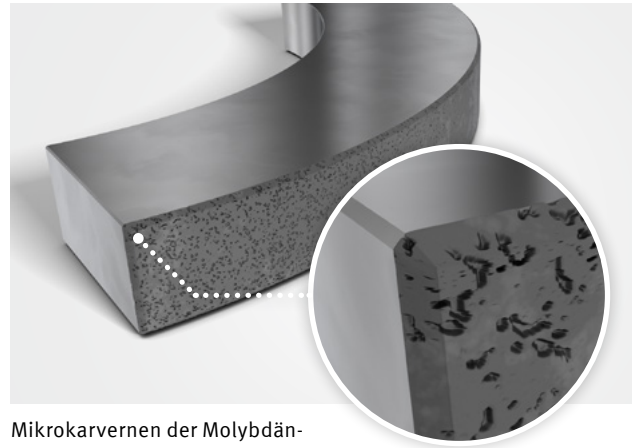
* Tribologie (griech.: Reibungslehre) umfasst das Forschungsgebiet und die Technologie von wechselwirkenden Oberflächen in relativer Bewegung. Sie befasst sich mit der wissenschaftlichen Beschreibung von Reibung, Verschleiß und Schmierung.

MOLYBDÄNBESCHICHTUNGEN

Zur Vermeidung von Brandspuren kann die Lauffläche von Verdichtungsringen (nicht bei Ölabstreifringen) mit Molybdän gefüllt oder ganzflächig beschichtet werden. Dies kann sowohl im Flamspritz- als auch im Plasmaspritzverfahren geschehen. Molybdän gewährleistet durch seinen hohen Schmelzpunkt (2620 °C) eine sehr hohe Temperaturbeständigkeit. Durch das Beschichtungsverfahren erhält man zudem eine poröse Materialstruktur. In den dadurch entstehenden Mikrokavernen an der Lauffläche der Ringe (Abb. 2) kann sich Motoröl einlagern. Dies gewährleistet, dass auch unter extremen Betriebszuständen immer noch Motoröl zur Schmierung der Ringlauffläche vorhanden ist.

Eigenschaften

- hohe Temperaturbeständigkeit
- gute Notlaufeigenschaften
- weicher als Chrom
- weniger verschleißbeständig als Chromringe (schmutzempfindlicher)
- empfindlicher gegenüber Ringflattern (dadurch ggf. Molybdänausbrüche bei extremen Beanspruchungen wie z. B. bei klopfender Verbrennung und sonstigen Verbrennungsstörungen)



Mikrokarven der Molybdänbeschichtung

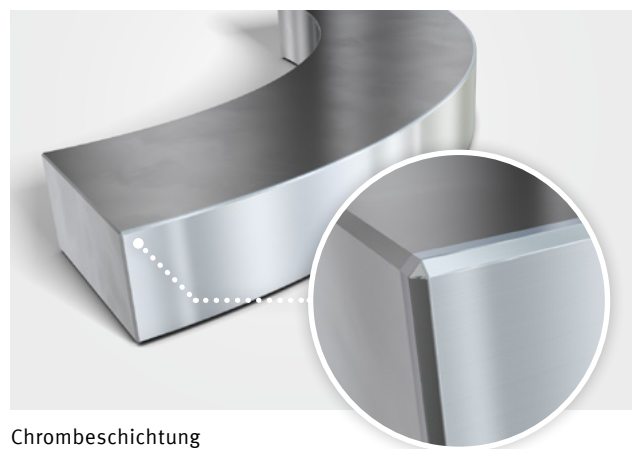
GALVANISCHE BESCHICHTUNGEN

CHROMBESCHICHTUNGEN

Die meisten Chrombeschichtungen werden durch galvanische Verfahren realisiert.

Eigenschaften

- hohe Lebensdauer (verschleißfest)
- harte, unempfindliche Oberfläche
- reduzierter Zylinderverschleiß (ca. 50 % gegenüber unbeschichteten Kolbenringen)
- gute Resistenz gegenüber Brandspuren
- geringere Notlaufeigenschaften als bei Molybdänbeschichtungen
- gute Verschleißfestigkeit sorgt für: längere Einlaufzeit als bei unbewehrten Kolbenringen, Stahllamellen-Ölabstreifringen oder U-Flex Ölabstreifringen



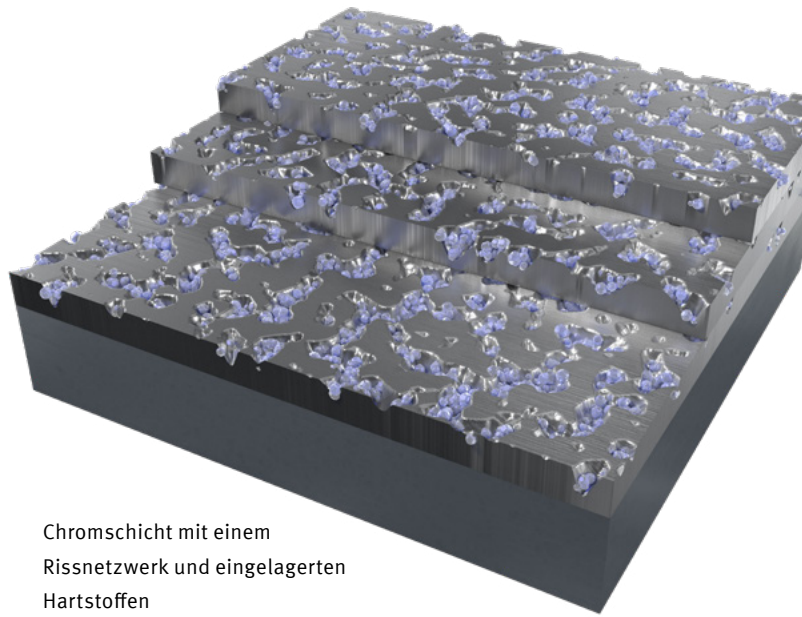
Chrombeschichtung

CK-BESCHICHTUNGEN (CHROM-KERAMIK) UND DC-BESCHICHTUNGEN (DIAMOND COATED)

Diese Beschichtungen bestehen aus einer galvanisch aufgetragenen Chromschicht mit einem Rissnetzwerk, in das festverankerte Hartstoffe einlagert werden. Als Einlagerungsmaterial wird Keramik (CK) oder Mikrodiamanten (DC) verwendet.

Eigenschaften

- geringste Reibungsverluste durch äußerst glatte Oberfläche
- höchster Verschleißwiderstand und hohe Lebensdauer durch eingelagerte Hartstoffe
- gute Brandspurbeständigkeit
- geringer Schichteigenverschleiß des Kolbenrings bei gleichbleibend geringem Zylinderverschleiß



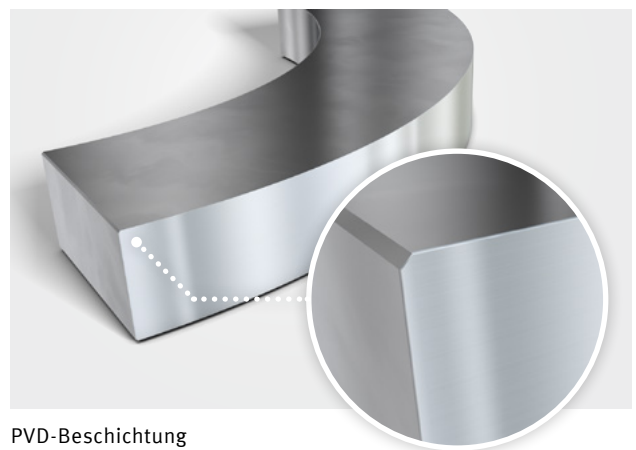
Chromschicht mit einem Rissnetzwerk und eingelagerten Hartstoffen

PVD-BESCHICHTUNGEN

PVD steht für „Physical Vapour Deposition“, ein vakuum-basiertes Beschichtungsverfahren, bei dem Hartstoffschichten (CrN – Chrom(III)-nitrid) direkt auf der Kolbenringoberfläche aufgedampft werden.

Eigenschaften

- Reibungsverluste werden durch eine äußerst glatte Oberfläche minimiert.
- Durch eine sehr dünne und dichte Schichtstruktur mit hoher Härte wird ein sehr hoher Verschleißwiderstand erzeugt.
- Durch den hohen Verschleißwiderstand bleibt die Ringkontur über eine längere Laufzeit erhalten. Dadurch lässt sich beispielsweise bei einem PVD-beschichteten Ölabbstreifer die Ringspannung weiter reduzieren, wodurch sich deutliche Reibleistungsvorteile ergeben.



PVD-Beschichtung

1.5.3 SCHICHTABLÖSUNGEN

Ablösungen von Laufflächenbeschichtungen kommen hin und wieder bei aufgespritzten Molybdän- und Ferrooxidschichten vor. Grund hierfür sind hauptsächlich Fehler bei der Montage der Kolbenringe (zu starkes Aufspreizen beim Aufziehen auf den Kolben und Aufziehen der Ringe, wie in Abb. 1 gezeigt). Beim fehlerhaften Aufziehen der Ringe auf den Kolben bricht die Beschichtung nur am Ringrücken aus (Abb. 2). Ist die Beschichtung an den Stoßenden abgeblättert, deutet das auf Ringflattern durch Verbrennungsstörungen (z. B. klopfende Verbrennung) hin.



Abb. 1: Verdrehen und Aufspreizen der Pleier beim Aufziehen auf den Pleier

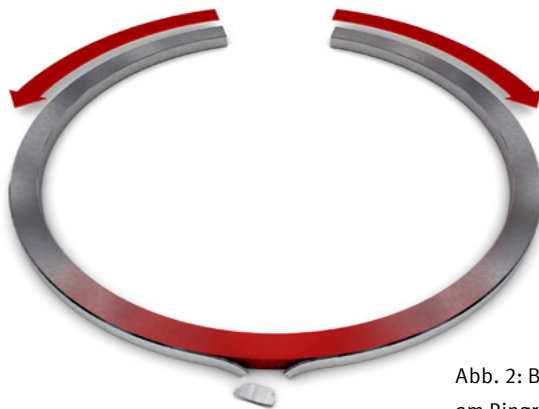
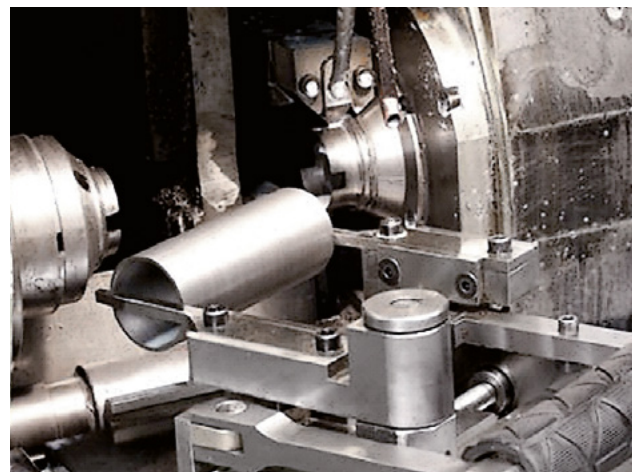


Abb. 2: Beschichtung bricht am Ringrücken aus.

1.5.4 LAUFFLÄCHENBEARBEITUNG (GEDREHT, GELÄPPT, GESCHLIFFEN)

Unbewehrte Pleier aus Gusseisen sind in der Regel an der Lauffläche nur feingedreht. Aufgrund der schnellen Einlaufzeit von unbewehrten Ringen verzichtet man auf das Schleifen oder Läppen der Lauffläche. Bei beschichteten oder gehärteten Oberflächen werden die Laufflächen entweder geschliffen oder geläppt. Der Grund hierfür ist, dass es wegen der hohen Verschleißfestigkeit sehr lange dauern würde, bis die Pleier eine runde Form annehmen und richtig abdichten würden. Leistungsverlust und hoher Ölverbrauch wären ggf. die Folge.



Drehmaschine zur Laufflächenbearbeitung

1.5.5 BALLIGE LAUFLÄCHENFORMEN

Ein weiterer Grund für den Einsatz von Schleif- oder Läppvorgängen ist die Form der Lauflfläche. Rechteckige Kolbenringe (unbewehrt) nehmen nach einiger Zeit an der Lauflfläche eine ballige Form an (Abb. 1) – Grund hierfür sind die Auf- und Abwärtsbewegung sowie die Bewegung des Ringes in der Nut (Ringtwist). Dies wirkt sich positiv auf den Schmierfilmaufbau und die Lebensdauer der Ringe aus.

Bei der Produktion von beschichteten Kolbenringen gibt man den Ringen bereits eine leicht ballige Form. Sie müssen sich dadurch nicht erst in die gewünschte Form einlaufen, sondern haben bereits eine voreingelaufene Lauflfläche. Dadurch fällt sowohl der hohe Einlaufverschleiß als auch der damit verbundene Ölverbrauch weg. Aufgrund der punktuellen Berührung der Ringlauflfläche kommt es zu einem höheren spezifischen Anpressdruck an der Zylinderwand und damit zu verbesserter Gas- und Ölabdichtwirkung. Weiterhin reduziert sich auch die Gefahr von Kantenrängern durch noch scharfe Ringkanten. Chromringe besitzen ohnehin immer einen Kantenbruch, um das Durchdrücken des Ölfilmes beim Einlauf zu verhindern. Die sehr harte Chromschicht könnte bei unvorteilhafter Ausföhrung zu erheblichem Verschleiß und zu Schäden an der sehr viel weicheen Zylinderwand föhren.

Symmetrische, ballige Ringlauflflächen (Abb. 2), seien sie durch Einlauf oder bereits während der Ringproduktion entstanden, besitzen sehr gute Gleiteigenschaften und erzeugen eine definierte Schmierfilmdicke. Bei symmetrischer Balligkeit ist die Schmierfilmdicke bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens gleich groß. Die Kräfte am Ring, die den Ring auf dem Ölfilm aufschwimmen lassen, sind in beide Richtungen gleich groß.

Wird die Balligkeit bereits während der Ringproduktion erzeugt, besteht die Möglichkeit, zur besseren Ölverbrauchskontrolle eine asymmetrische Balligkeit zu erzeugen. Der Scheitelpunkt der Balligkeit liegt dann nicht in der Mitte der Lauflfläche sondern etwas darunter (Abb. 3).

Diese asymmetrische Teilung der Lauflfläche bewirkt ein unterschiedliches Laufverhalten in der Auf- und Abwärtsbewegung des Ringes. In der Aufwärtsbewegung wird der Ring wegen der größeren Fläche stärker vom Öl weggedrückt und

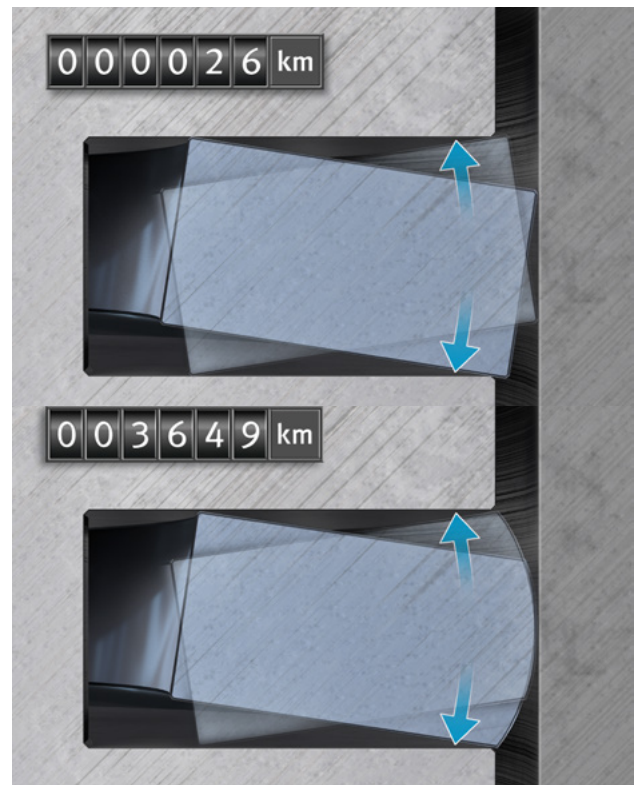


Abb. 1: Balligkeit durch Einlaufverschleiß



Abb. 2: symmetrisch ballige Ringlauflfläche



Abb. 3: asymmetrisch ballige Ringlauflfläche

weniger Öl wird abgestreift. In der Abwärtsbewegung bewirkt die kleinere Fläche, dass der Kolbenring weniger aufschwimmt und mehr Öl abstreift (Abb. 4 und 5). Asymmetrisch ballige Ringe dienen dadurch auch der Ölverbrauchskontrolle, besonders bei ungünstigen Betriebsbedingungen in Dieselmotoren. Dies tritt z. B. nach längeren Leerlaufphasen nach Volllastbetrieb ein, bei dem es oft zum Auswurf von Öl in den Abgastrakt und zu Blaurauch beim erneuten Gasgeben kommt.



Abb. 4: starkes Aufschwimmen in der Aufwärtsbewegung

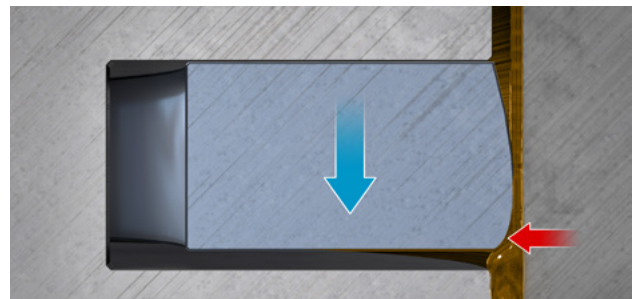


Abb. 5: schwaches Aufschwimmen in der Abwärtsbewegung

1.5.6 OBERFLÄCHENBEHANDLUNGEN

Je nach Ausführung können die Oberflächen von Pleuellringen entweder blank, phosphatiert oder verkupfert sein. Dies hat lediglich Einfluss auf das Korrosionsverhalten der Ringe. Blanke Ringe glänzen im Neuzustand zwar schön, sind aber gänzlich ungeschützt gegenüber Rostbildung. Phosphatierte Ringe haben eine schwarzmatte Oberfläche und sind durch die Phosphatschicht vor Rostbildung geschützt.

Verkuferte Ringe sind ebenfalls gut vor Rost geschützt und haben einen leichten Schutz gegenüber Brandspurbildung während des Einlaufes. Das Kupfer hat einen gewissen Trockenschmiereffekt und dadurch minimale Notlaufeigenschaften beim Einlauf.

Auf die Funktion der Ringe haben die Oberflächenbehandlungen jedoch keinen Einfluss. Daher lassen sich auch über die Farbe des Pleuellringes keine Aussagen zur Qualität ableiten.



1.6 FUNKTION UND EIGENSCHAFTEN

1.6.1 TANGENTIALSPANNUNG

Kolbenringe haben im entspannten Zustand einen größeren Durchmesser als im eingebauten Zustand. Dies ist nötig, um im eingebauten Zustand den benötigten allseitigen Anpressdruck im Zylinder zu bewirken.

Die Messung des Anpressdrucks im Zylinder gestaltet sich in der Praxis schwierig. Die Diametralkraft, die den Ring an die Zylinderwand presst, wird deshalb mit Hilfe einer Formel aus der Tangentialkraft ermittelt. Die Tangentialkraft ist die Kraft, die nötig ist, um die Stoßenden auf das Stoßspiel zusammenzuziehen (Abb. 1). Man misst die Tangentialkraft mit einem flexiblen Stahlband, das um den Ring gelegt wird. Das Band wird dann soweit zusammengezogen, bis das vorgeschriebene Stoßspiel des Kolbenringes erreicht ist. Die Tangentialkraft kann dann am Kraftmesser abgelesen werden. Die Messung von Ölabbstreifringen erfolgt grundsätzlich mit eingelegter Expanderfeder. Um genaue Messungen sicherzustellen, wird

die Messanordnung unter Vibration gesetzt, damit die Expanderfeder ihre natürliche Form hinter dem Ringkörper einnehmen kann. Bei dreiteiligen Stahllamellen-Federringen ist aufgrund der Konstruktion zusätzlich eine axiale Fixierung des Ringpakets notwendig, weil die Stahllamellen sonst auf die Seite ausweichen würden und die Messung nicht möglich wäre. Abb. 1 zeigt die schematische Darstellung der Tangentialkraftmessung.



HINWEIS

Bei Kolbenringen kommt es durch radialen Verschleiß, verursacht durch Mischreibung oder längerer Laufzeit, zu einem Verlust der Tangentialspannung. Eine Messung der Spannung ist nur bei neuen Ringen mit noch vollem Querschnitt sinnvoll.

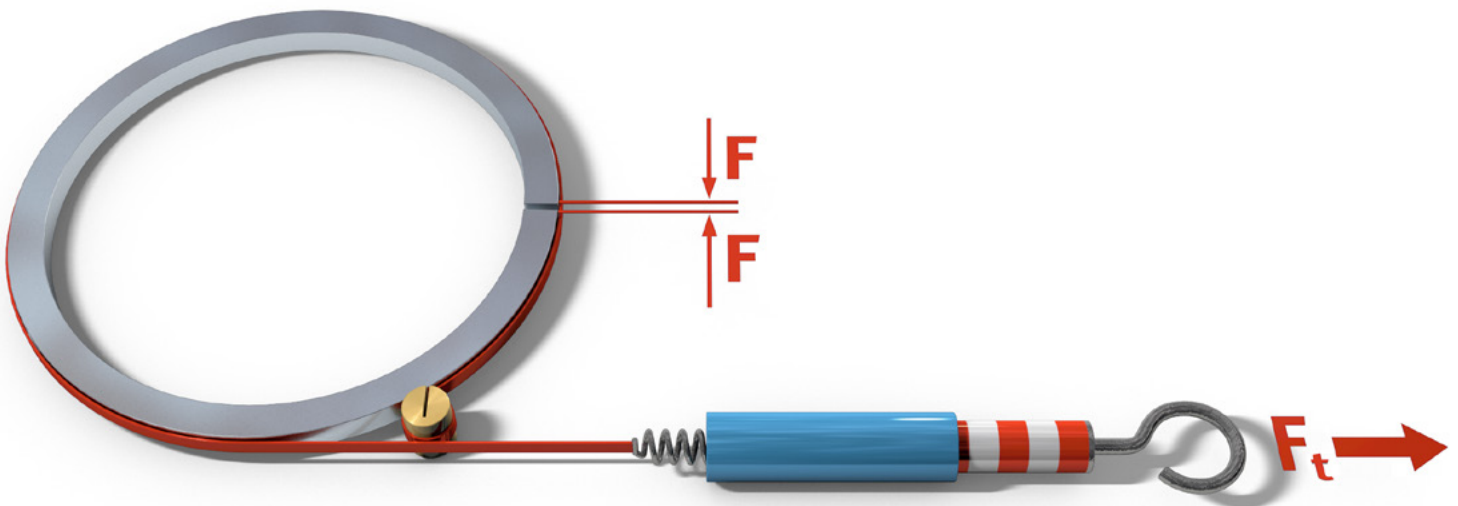


Abb. 1: Tangentialkraftmessung

1.6.2 RADIALDRUCKVERTEILUNG

Der Radialdruck ist abhängig vom Elastizitätsmodul des Werkstoffes, der Maulweite in ungespanntem Zustand und nicht zuletzt vom Querschnitt des Ringes. Es gibt zwei Hauptunterscheidungsarten bei der Radialdruckverteilung. Die einfachste Art ist dabei die symmetrische Radialdruckverteilung (Abb. 2). Diese hat man vor allem bei mehrteiligen Ölabbstreifringen, die aus einem flexiblen Ringträger oder aus Stahllamellen mit relativ niedriger Eigenspannung bestehen. Die dahinter liegende Expanderfeder presst den Ringträger bzw. die Stahllamellen gegen die Zylinderwand. Durch die Expanderfeder, die sich im komprimierten Zustand (Einbausituation) gegen die Rückseite des Ringträgers oder die Stahllamellen abstützt, wirkt der Radialdruck symmetrisch.

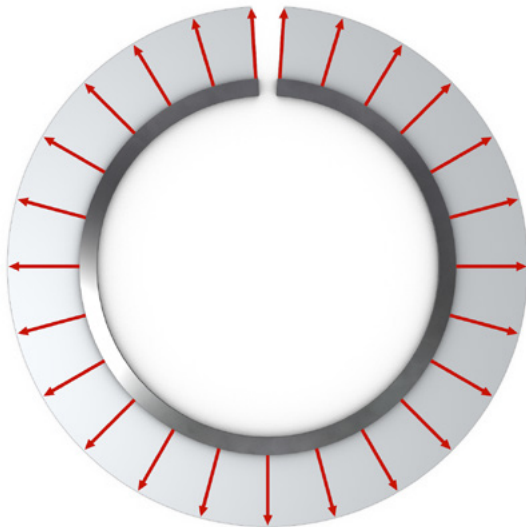


Abb. 2:
symmetrische Radial-
druckverteilung

Bei Viertaktmotoren ist man bei Verdichtungsringen von der symmetrischen Radialdruckverteilung abgewichen. Man benutzt an ihrer Stelle eine birnenförmige Verteilung (positiv-oval), um bei höheren Drehzahlen einer Flatterneigung der Ringstoßenden entgegenzuwirken (Abb. 3). Ringflattern beginnt immer an den Stoßenden und wird über diese in den gesamten Ringumfang eingeleitet. Die Vergrößerung der Anpresskraft an den Stoßenden wirkt dem entgegen, da die Kolbenringe in diesem Bereich stärker an die Zylinderwand gepresst werden und dadurch ein Ringflattern wirksam vermindert bzw. unterbunden wird.

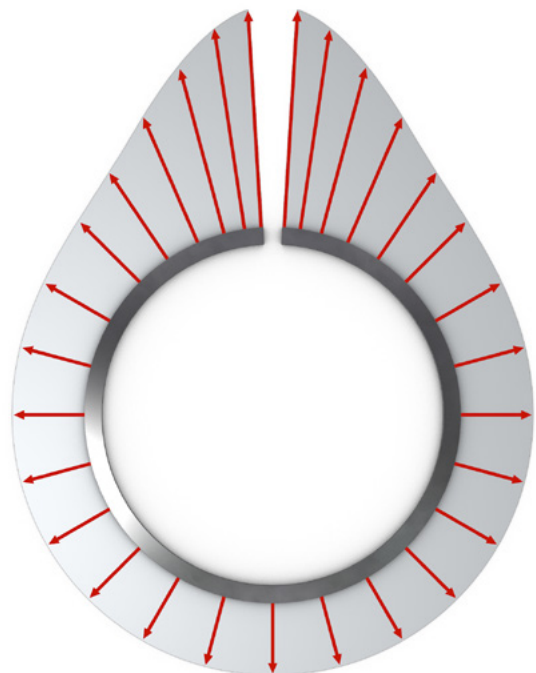


Abb. 3:
positiv-ovale Radialdruck-
verteilung

1.6.3 ANPRESSDRUCKVERSTÄRKUNG DURCH VERBRENNUNGSDRUCK

Weit wichtiger als die Eigenspannung der Kolbenringe ist die Anpressdruckverstärkung durch den Verbrennungsdruck, die auf die Verdichtungsringe während des Motorbetriebes wirkt.

Bis zu 90 % der Gesamtanpresskraft des ersten Verdichtungsringes wird während des Arbeitstaktes vom Verbrennungsdruck erzeugt. Der Druck legt sich, wie in Abb. 1 dargestellt, hinter die Verdichtungsringe und presst diese noch fester gegen die Zylinderwand. Die Anpresskraftverstärkung wirkt hauptsächlich auf den ersten Verdichtungsring und setzt sich in abgeschwächter Form auch auf den zweiten Verdichtungsring fort.

Der Gasdruck für den zweiten Kolbenring lässt sich durch die Variation des Stoßspieles des ersten Verdichtungsringes steuern. Durch einen etwas größeren Stoßspalt gelangt z. B. mehr Verbrennungsdruck auf die Rückseite des zweiten Verdichtungsringes, was auch hier eine Anpressverstärkung

bewirkt. Bei einer höheren Anzahl an Verdichtungsringen kommt es ab dem zweiten Verdichtungsring nicht mehr zu einer Anpressdruckverstärkung durch den Gasdruck der Verbrennung.

Reine Ölabbstreifringe arbeiten nur aufgrund ihrer Eigenspannung. Der Gasdruck kann hier wegen der besonderen Form der Ringe nicht als Anpressverstärker wirken. Die Kraftverteilung am Kolbenring ist zudem von der Formgebung der Kolbenringlaufläche abhängig. Bei Minutenringen und bei ballig geschliffenen Verdichtungsringen gelangt Gasdruck auch in den Dichtspalt zwischen Kolbenringlaufläche und Zylinderwand und wirkt gegen den Gasdruck, der hinter dem Kolbenring liegt (siehe Kapitel 1.3.1 Verdichtungsringe).

Die axiale Anpresskraft, die auf einen Verdichtungsring an der unteren Nutflanke wirkt, entsteht lediglich durch den Gasdruck. Die Eigenspannung der Ringe wirkt nicht in axialer Richtung.

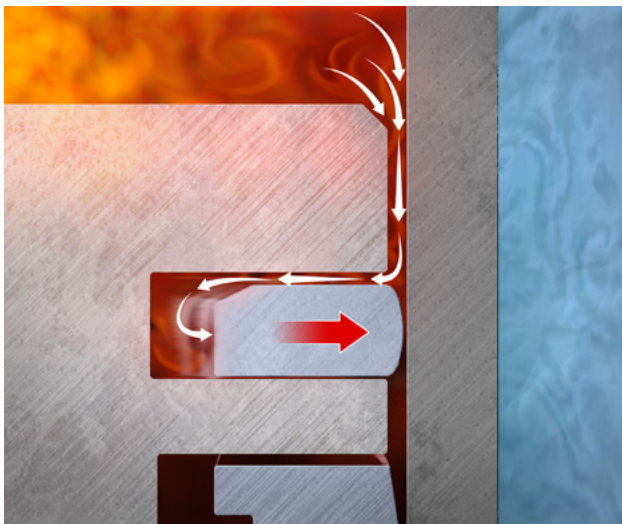


Abb. 1: Anpressdruckverstärkung

HINWEIS

Im Leerlauf kommt es durch schlechtere Füllung der Zylinder zu einer geringeren Anpressverstärkung der Ringe. Dies macht sich besonders bei Dieselmotoren bemerkbar. Motoren in langem Leerlauf haben einen erhöhten Ölverbrauch, da die Abstreifwirkung mangels Gasdruckunterstützung leidet. Oftmals werfen die Motoren beim Gasgeben nach längerer Leerlaufphase blaue Ölwolken aus dem Auspuff, weil sich Öl im Zylinder und Abgastrakt ansammeln konnte und erst beim Gasgeben verbrannt wird.

1.6.4 SPEZIFISCHER ANPRESSDRUCK

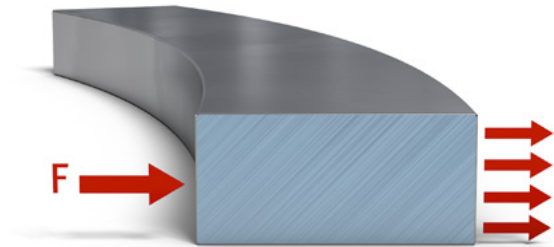
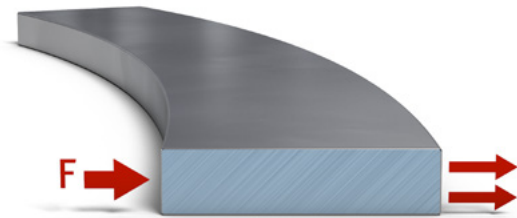


Abb. 2 und Abb. 3: Ringspannung und spezifische Anpresskraft

Der spezifische Anpressdruck ist abhängig von der Ringspannung und der Auflagefläche des Ringes an der Zylinderwand. Soll die spezifische Anpresskraft verdoppelt werden, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder man verdoppelt die Ringspannung oder aber man halbiert die Auflagefläche des Ringes im Zylinder. Anhand Abb. 2 und Abb. 3 ist zu sehen, dass die resultierende Kraft (spezifische Anpresskraft = Kraft $\times$ Fläche), die auf die Zylinderwand wirkt, stets gleich groß ist, obwohl die Ringspannung verdoppelt bzw. halbiert ist.

Bei neueren Motoren geht der Trend zu flacheren Ringhöhen, da man die innere Reibung im Motor senken möchte. Das lässt sich aber nur bewerkstelligen, wenn man die wirksame Kontaktfläche des Ringes mit der Zylinderwand verkleinert. Bei halber Ringhöhe halbiert sich auch die Pleierwandspannung und damit die Reibung.

Da die verbleibende Kraft auf eine kleinere Fläche wirkt, bleibt der spezifische Anpressdruck auf der Zylinderwand (Kraft $\times$ Fläche) bei halber Fläche und halber Spannung genauso groß wie bei doppelter Fläche und doppelter Spannung.



ACHTUNG

Die Ringspannung kann zur Beurteilung des Anpressdrucks des Dichtverhaltens nicht alleine herangezogen werden. Beim Vergleich von Pleierringen ist es immer notwendig, die Größe der Laufläche zu beachten.

1.6 FUNKTION UND EIGENSCHAFTEN

1.6.5 STOSSSPIEL

Das Stoßspiel (Abb.1) ist ein wichtiges Konstruktionsmerkmal, um die Funktion der Kolbenringe sicherzustellen. Es ist dabei vergleichbar mit dem Ventilspiel der Ein- und Auslassventile. Bei Erwärmung der Bauteile kommt es durch die natürliche Wärmedehnung zu einer Längung, bzw. zur Durchmessererweiterung. Je nach Temperaturdifferenz zwischen Umgebungs- und Betriebstemperatur benötigt man mehr oder weniger Kaltspiel, um im betriebswarmen Zustand die Funktion sicherzustellen.

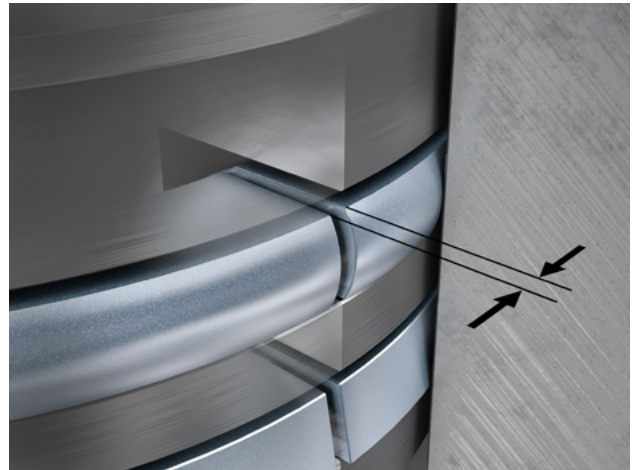


Abb. 1: Stoßspiel im eingebauten Zustand

Eine Grundvoraussetzung für die korrekte Funktion der Kolbenringe ist, dass sich die Ringe frei in den Nuten drehen können. Würden Kolbenringe in den Nuten klemmen, könnten sie weder abdichten, noch die Wärme abführen. Das Stoßspiel, das auch bei Betriebstemperatur noch vorhanden sein muss, gewährleistet, dass das Umfangsmaß des Kolbenringes durch dessen Wärmedehnung stets kleiner bleibt als der Zylinderumfang. Würde das Stoßspiel durch die Wärmedehnung komplett aufgehoben, würden die Stoßenden des Kolbenrings aufeinander gepresst. Bei weiterem Druck müßte sich der Kolbenring sogar verbiegen, um die Längenänderung durch das Erwärmen auszugleichen. Da dem Kolbenring das Aufspreizen durch die Wärmedehnung in radialer Richtung nicht möglich ist, könnte die Längenänderung nur in axialer Richtung kompensiert werden. Abb. 2 zeigt, wie sich der Ring verformt, wenn es im Zylinder zu eng wird.

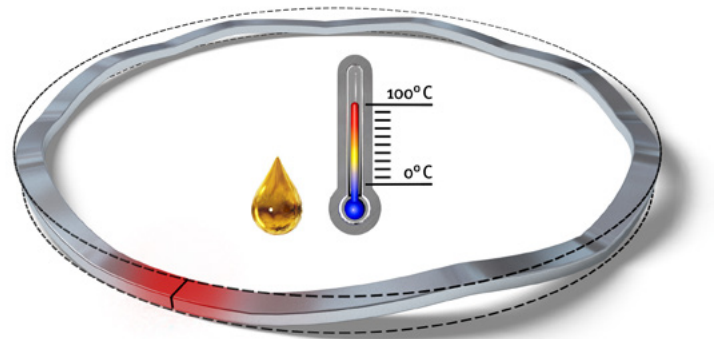


Abb. 2: Verformung des Kolbenrings bei Betriebstemperatur

Die nachfolgende Berechnung zeigt am Beispiel eines Kolbenringes mit 100 mm Durchmesser, wie sich die Länge des Umfangs beim Kolbenring bei Betriebstemperatur verändert.

Berechnungsbeispiel

Zylinderdurchmesser	$d = 100 \text{ mm}$
Umgebungstemperatur	$t_1 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$
Betriebstemperatur	$t_2 = 200 \text{ °C} = 473 \text{ K}$
Längendehnungszahl von Gusseisen	$\alpha = 0,000010 \text{ K}^{-1}$

Umfang des Kolbenringes

$U = d \times \pi$
$U = 100 \times 3,14 = 314 \text{ mm}$
$U = l_1$

Längenänderung des Kolbenringes unter Betriebstemperatur

$\Delta l = l_1 \times \alpha \times \Delta t$
$\Delta l = l_1 \times \alpha \times (t_2 - t_1)$
$\Delta l = 314 \times 0,000010 \times 180 = 0,57 \text{ mm}$

Man benötigt bei diesem Beispiel also mindestens ein Stoßspiel von 0,6 mm, um die korrekte Funktion sicherzustellen. Es dehnen sich jedoch nicht nur der Kolben und die Kolbenringe aus, sondern auch der Durchmesser der Zylinderbohrung wird durch die Erwärmung unter Betriebstemperatur größer. Aus diesem Grund darf das Stoßspiel wieder etwas kleiner sein. Die Zylinderbohrung weitet sich durch die Wärmedehnung jedoch längst nicht so weit wie der Kolbenring. Zum einen ist die Struktur des Zylinderblockes steifer als die des Kolbens, zum anderen wird die Zylinderoberfläche nicht so heiß wie der Kolben mit den Kolbenringen.

Auch die Durchmessererweiterung der Zylinderbohrung durch die Wärmedehnung ist nicht über die gesamte Zylinderlaufbahn gleich. Der Zylinder wird sich im oberen Bereich durch den Wärmeeintrag der Verbrennung stärker ausdehnen, als im unteren Bereich. Man wird durch die ungleiche Wärmedehnung des Zylinders also eine Abweichung von der Zylinderform bekommen, die eine leichte Trichterform annimmt (Abb. 3).

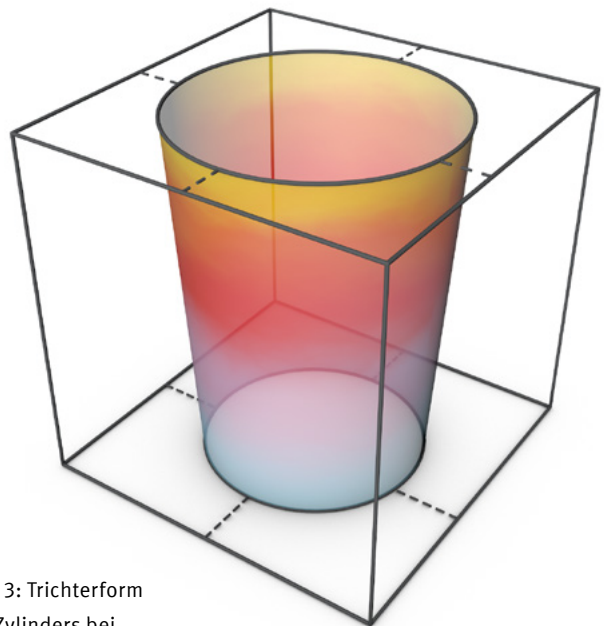


Abb. 3: Trichterform des Zylinders bei Betriebstemperatur

1.6.6 KOLBENRINGDICHTFLÄCHEN

Kolbenringe dichten nicht nur an der Lauffläche ab, sondern auch an der Unterflanke. Die Dichtwirkung an der Lauffläche ist für die Ringabdichtung zur Zylinderwand zuständig; die untere Nutflanke für die Abdichtung der Ringrückseite. Es ist daher nicht nur ein guter Kontakt des Ringes zur Zylinderwand hin notwendig, sondern auch ein guter Kontakt zur unteren Nutflanke des Kolbens (Abb. 1). Besteht dieser Kontakt nicht, können Öl bzw. Verbrennungsgase den Ring über die Ringrückseite passieren.

Anhand der Abbildungen kann man sich sehr leicht vorstellen, dass durch Verschleiß (Schmutz und lange Laufzeit) die Abdichtung der Ringrückseite nicht mehr gewährleistet ist und dass es zu vermehrtem Gas- und Öltransfer durch die Nut kommt. Verschlissene Ringnuten mit neuen Ringen zu bestücken, ist daher nicht sinnvoll. Die Unebenheiten an der Nutflanke dichten nicht gegen den Ring ab und die in der Höhe erweiterte Nut lässt mehr Bewegungsraum für den Ring zu. Da der Ring durch zu viel Höhenspiel nicht richtig in der Nut geführt wird, kommt es sehr viel leichter zum Abheben des Ringes von der Nutflanke, zum Öl pumpen (Abb. 2 und 3), Ringflattern und zu Dichtverlust. Zudem entsteht eine exzessive Balligkeit an der Lauffläche des Ringes. Dies bewirkt einen zu dicken Ölfilm sowie höheren Ölverbrauch.

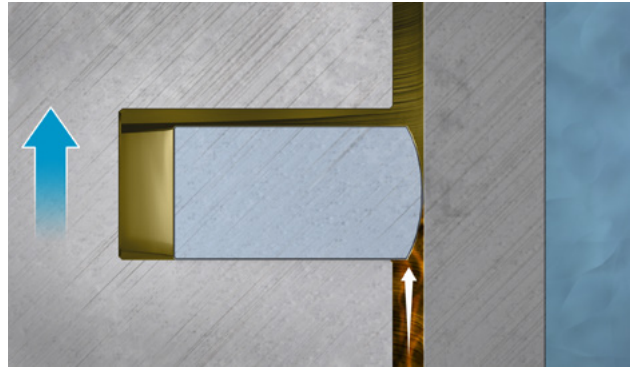


Abb. 1: Abdichtung durch Nutenflanke



Abb. 2: Ansaugtakt

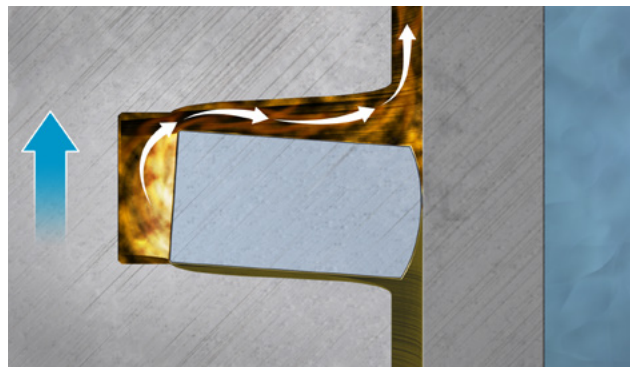


Abb. 3: Verdichtungstakt

1.6.7 DROSSELSPALTE UND BLOW-BY

Da es konstruktiv nicht möglich ist, mit dem im Motorenbau verwendeten Kolbenringen eine 100 %-ige Gasabdichtung zu erreichen, kommt es zu Leckgasmengen, die auch Blow-by-Gase genannt werden. Verbrennungsgase gelangen durch kleinste Dichtspalte an Kolben und Kolbenringen vorbei in den Kurbelraum. Die Leckgasmenge wird dabei von der Größe des Drosselfensters (x und y in Abb. 4) bestimmt, die sich aus dem Stoßspiel und dem halben Kolbenlaufspiel ergibt. Das Drosselfenster ist im Gegensatz zur dargestellten Grafik in Wirklichkeit also winzig klein. Als Faustregel für den maximalen Blow-by-Gasausstoß rechnet man mit etwa 0,5 % der angesaugten Luftmenge. Je nach Kolbenringstellung wird im Betrieb mehr oder weniger Blow-by-Gas erzeugt. Liegen die Stoßspiele des ersten und zweiten Verdichtungsringes deckungsgleich in den Kolbenringnuten, wird etwas mehr Blow-by erzeugt. Das kommt im laufenden Betrieb in regelmäßigen Abständen immer wieder vor, weil die Ringe mit einigen Umdrehungen pro Minute in den Ringnuten rotieren. Liegen die Stoßspiele genau gegenüber, hat das Leckgas einen weiteren Weg durch das Dichtlabyrinth, so dass weniger Gasverluste entstehen. Blow-by-Gas, das in den Kurbelraum gelangt, wird über die Kurbelgehäuseentlüftung zurück in den Ansaugtrakt geleitet und der Verbrennung zugeführt. Der Grund hierfür liegt an den gesundheitsschädlichen Eigenschaften der Gase. Durch die nochmalige Verbrennung im Motor werden diese unschädlich gemacht. Die Belüftung des Kurbelraumes ist außerdem notwendig, weil Überdruck im Kurbelraum zu erhöhtem Ölaustritt an den Radialwellendichtungen des Motors führen würde.

Ist der Blow-by-Gasausstoß erhöht, deutet das entweder auf einen erheblichen Verschleiß der Kolbenringe nach langer Laufzeit hin, oder aber der Kolbenboden weist schon Risse auf, die Verbrennungsgase in den Kurbelraum gelangen lassen. Aber auch eine fehlerhafte Zylindergeometrie (siehe Kapitel 2.3.5 Zylindergeometrie und Rundheit) führt zu erhöhtem Blow-by-Gasausstoß.

Bei Stationärmotoren oder Prüfstandsmotoren wird der Blow-by-Gasausstoß ständig gemessen und überwacht und als Warnindikator für entstehende Motorschäden genutzt. Übersteigt die gemessene Blow-by-Gasmenge den maximal zulässigen Wert, wird der Motor automatisch abgestellt. Dadurch lassen sich schwerwiegende und teure Motorschäden vermeiden.

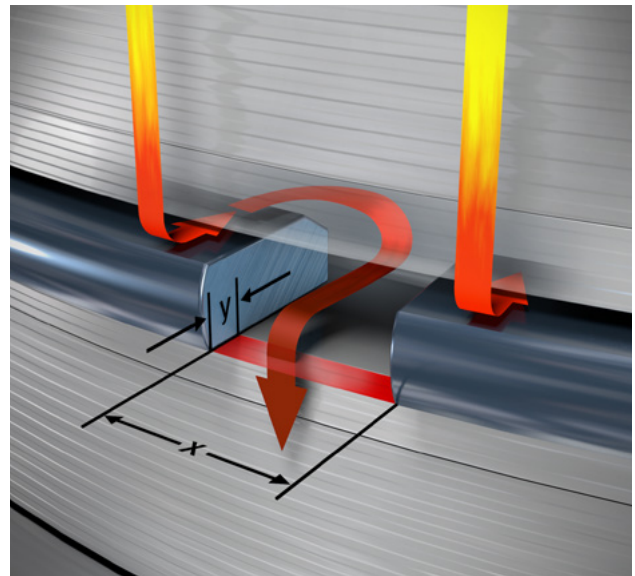


Abb. 4: Drosselfenster

1.6.8 RINGHÖHENSPIEL

Das Ringhöhenpiel (Abb. 1) ist nicht das Resultat von Verschleiß in der Ringnut. Das Höhenpiel ist ein wichtiges Funktionsmaß, um die korrekte Funktion von Kolbenringen sicherzustellen. Das Ringhöhenpiel gewährleistet, dass sich die Ringe in den Kolbenringnuten frei bewegen können (siehe auch Kapitel 1.6.11 Kolbenringbewegungen).

Es muss so groß sein, dass der Ring unter Betriebstemperatur nicht klemmt und dass genügend Verbrennungsdruck in die Nut einströmen kann, um sich hinter den Ring zu legen (siehe hierzu auch Kapitel 1.6.3 Anpressdruckverstärkung durch Verbrennungsdruck).

Das Ringhöhenpiel darf aber im umgekehrten Sinn nicht zu groß sein, da der Ring dadurch weniger axiale Führung erhält. Dadurch wird die Neigung zum Ringflattern (Kapitel 2.6.7 Ringflattern) und auch zu übermäßiger Vertwistung unterstützt. Es kommt dadurch zu unvorteilhaftem Verschleiß des Kolbenringes (übermäßige Balligkeit der Ringauflfläche) und zu erhöhtem Ölverbrauch (Kapitel 1.6.6 Kolbenringdichtflächen).

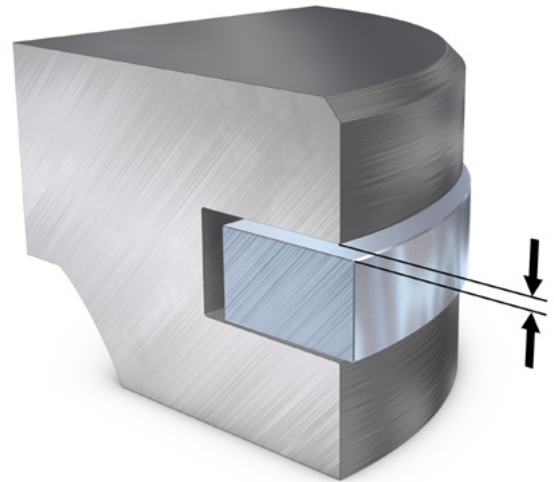


Abb. 1: Ringhöhenpiel

1.6.9 RINGVERTWISTUNG

Innenwinkel oder Innenfasen an Kolbenringen bewirken im gespannten, eingebauten Zustand eine Vertwistung. Im ausgebauten, ungespannten Zustand wirkt die Vertwistung nicht (Abb. 2) und der Ring liegt plan in der Ringnut. Wenn der Ring eingebaut – also gespannt – wird, weicht der Ring zur schwächeren Seite hin aus, wo durch die Innenfase oder den Innenwinkel Material fehlt. Der Ring tordiert oder twistet. Je nach Lage der Fase oder des Winkels an der unteren oder oberen Kante spricht man von einem positiv oder negativ twistenden Kolbenring (Abb. 3 und 4).

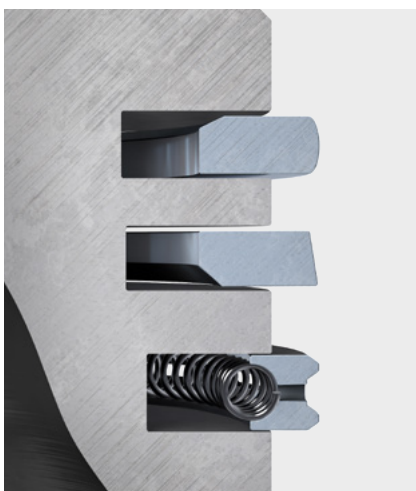


Abb. 2:
Kolbenringe ungespannt – Vertwistung
noch unwirksam



Abb. 3:
positiv Twist



Abb. 4:
negativ Twist

RINGTWIST UNTER BETRIEBSBEDINGUNGEN

Bei positiv und negativ twistenden Ringen ist die Vertwistung wirksam, wenn kein Verbrennungsdruck auf den Ring wirkt (Abb. 5). Sobald der Verbrennungsdruck in die Ringnut gelangt, wird der Kolbenring flach auf die untere Nutflanke gedrückt, was eine verbesserte Ölverbrauchskontrolle bewirkt (Abb. 6).

Positiv twistende Rechteck- und Minutenringe haben prinzipiell ein gutes Ölabstreifverhalten. Bei auftretender Reibung auf der Zylinderwand während der Abwärtsbewegung des Kolbens kann sich der Ring jedoch etwas von der unteren Nutflanke abheben, so dass trotzdem Öl in den Dichtspalt gelangt und zum Ölverbrauch beiträgt.

Der negativ twistende Ring dichtet an der Ringunterflanke außen und an der Oberflanke innen gegen die Ringnut ab. Dadurch ist dem Öl der Eintritt in die Nut versperrt. Deshalb kann mit negativ twistenden Ringen der Ölverbrauch positiv beeinflusst werden, besonders im Teillastbetrieb und bei Unterdruck im Verbrennungsraum (Schiebebetrieb). Bei negativ twistenden Minutenringen ist der Winkel an der Lauffläche mit ca. 2° etwas größer als bei normalen Minutenringen. Das ist notwendig, weil durch die negative Vertwistung der Winkel teilweise wieder aufgehoben wird.

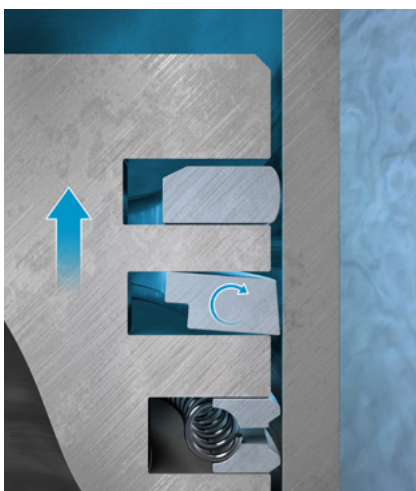


Abb. 5:
ohne Verbrennungsdruck

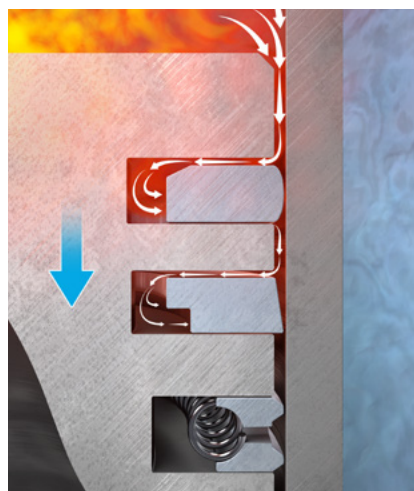


Abb. 6:
mit Verbrennungsdruck

1.6.10 FORMFÜLLUNGSVERMÖGEN

Unter Formfüllungsvermögen versteht man, wie gut sich der Ring an die Form der Zylinderwand anpasst, um eine gute Dichtwirkung zu erreichen. Das Formfüllungsvermögen eines Ringes ist abhängig von der Elastizität des Ringes bzw. Ringkörpers (zweiteilige Ölabbstreifringe) oder den Stahllamellen (mehnteilige Ölabbstreifringe) als auch vom Anpressdruck des Ringes / Ringkörpers an der Zylinderwand. Das Formfüllungsvermögen ist dabei umso besser, je elastischer der Ring / Ringkörper und je höher der Anpressdruck ist. Große Ringhöhen und große Ringquerschnitte besitzen eine große Steifigkeit und bewirken aufgrund des höheren Gewichtes auch höhere Massenkraften im Betrieb. Sie schneiden daher beim Formfüllungsvermögen schlechter ab als Ringe mit niedrigen Ringhöhen und geringen Ringquerschnitten und damit niedrigeren Massenkraften.

Sehr gute Formfüllungsvermögen liegen bei mehrteiligen Ölabbstreifringen vor, da diese einen sehr flexiblen Ringkörper oder Stahllamellen haben, ohne jedoch gleichzeitig den Anspruch an eine hohe Spannung erfüllen zu müssen.

Wie in dieser Broschüre beschrieben, kommt bei mehrteiligen Ölabbstreifringen die Anpresskraft von der zugehörigen Expanderfeder. Der Ringkörper oder auch die Stahllamellen sind sehr flexibel und anpassungsfähig.

Gutes Formfüllungsvermögen ist insbesondere dann wichtig, wenn es aufgrund von Formabweichungen zu Zylinderunrundheiten und Zylinderunebenheiten kommt. Diese werden durch Verzüge (thermisch und mechanisch) als auch durch Bearbeitungs- und Einbaufehler verursacht. Siehe hierzu auch Kapitel 2.3.5 Zylindergeometrie und Rundheit.

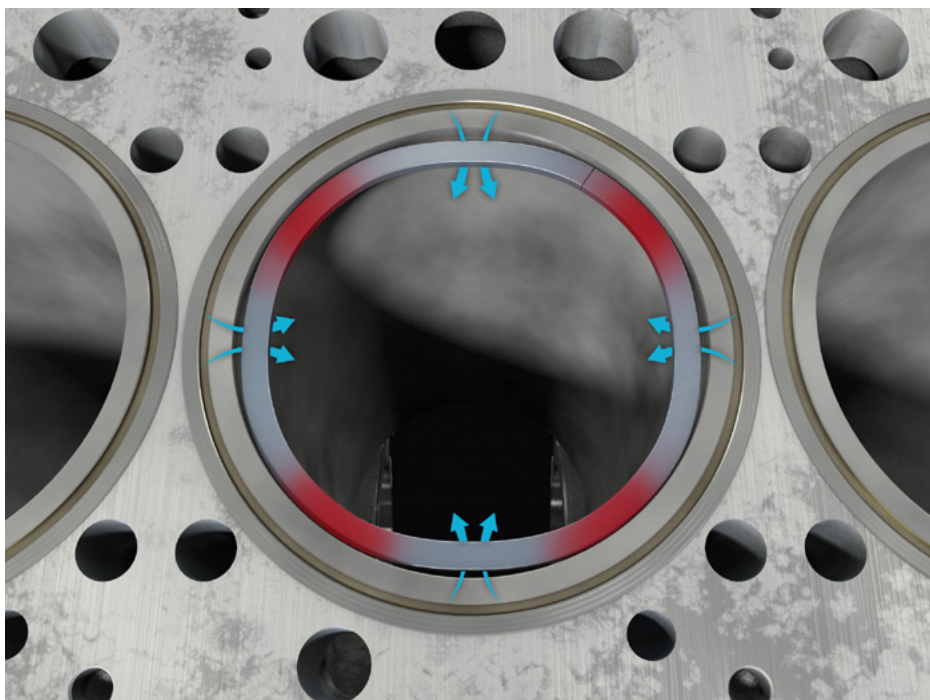


Abb. 1: schlechtes Formfüllungsvermögen

1.6.11 KOLBENRINGBEWEGUNGEN

RINGROTATION

Kolbenringe müssen sich, um perfekt einlaufen und abdichten zu können, in den Ringnuten drehen können. Die Ringrotation entsteht einerseits durch die Honstruktur (Kreuzschliff) als auch durch die Kolbenkippbewegung im oberen und unteren Kolbentotpunkt. Flachere Honwinkel bewirken dabei weniger Ringrotation und steilere Winkel bewirken größere Ringumdrehungsraten. Die Ringrotation ist zudem abhängig von der Drehzahl des Motors. 5 bis 15 Umdrehungen pro Minute sind realistische Umdrehungszahlen – nur um eine Vorstellung über die Größenordnung der Ringrotation zu bekommen.

Bei Zweitaktmotoren sind die Ringe gegen Verdrehen gesichert. Auch ein Ausfedern der Stoßenden in die Gaskanäle werden dadurch vermieden. Zweitaktmotoren kommen hauptsächlich in Zweirädern, Gartengeräten und dergleichen zum Einsatz. Der aus der verhinderten Ringrotation entstehende ungleichmäßige Verschleiß der Ringe, das mögliche Verkoken in den Ringnuten sowie die eingeschränkte Lebensdauer werden dabei in Kauf genommen. Diese Art der Anwendung ist ohnehin auf eine geringere Lebensdauer des Motors ausgelegt. An einen normalen Viertakt-Fahrzeugmotor, der auf der Straße bewegt wird, werden weit höhere Anforderungen an die Laufleistung gestellt.

Das beim Einbau um 120° zueinander Verdrehen der Ringstöße dient lediglich zum besseren Anlaufen des neuen Motors. Im späteren Betrieb ist jede denkbare Stellung der Kolbenringe innerhalb der Ringnut möglich, sofern die Rotation nicht konstruktiv unterbunden wird (Zweitaktmotoren).

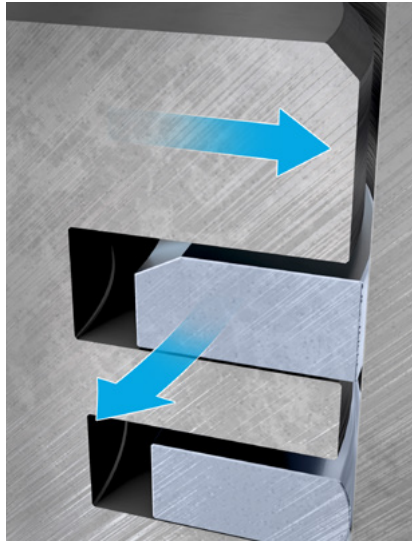
AXIALBEWEGUNG

Im Idealfall liegen die Ringe an der unteren Nutflanke auf. Dies ist wichtig für die Dichtfunktion, da die Ringe nicht nur an den Ringlaufflächen, sondern auch an den unteren Ringflanken abdichten. Die untere Nutflanke dichtet den Ring gegen Gas oder Öldurchtritt auf der Rückseite des Ringes ab. Die Lauffläche des Kolbenringes dichtet die Vorderseite zur Zylinderwand hin ab (siehe ab Kapitel 1.6.6 Kolbenringdichtflächen).

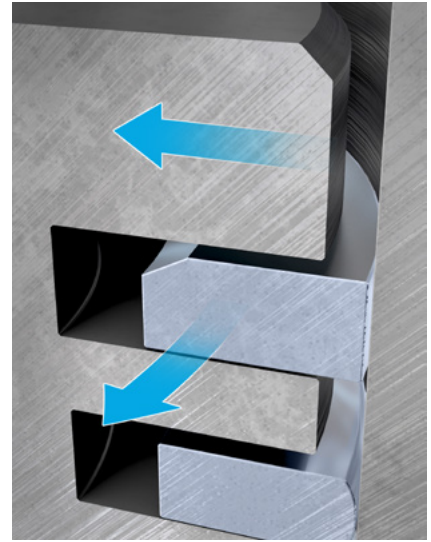
Durch die Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens und durch die Richtungsumkehr wirken auf die Ringe auch Massenkräfte, welche die Ringe von der unteren Nutflanke abheben lassen. Ein Ölfilm innerhalb der Nut dämpft das durch die Fliehkräfte verursachte Abheben der Kolbenringe von der unteren Nutflanke. Probleme gibt es dabei hauptsächlich, wenn die Ringnuten durch Verschleiß erweitert sind und dadurch ein zu großes Ringhöhlenspiel besteht. Dies führt zum Abheben des Ringes von dessen Auflagefläche am Kolben und zu Ringflattern, das vor allem von den Stoßenden ausgeht. Es kommt zu Dichtverlust des Kolbenringes und zu hohem Ölverbrauch. Dies ist vor allem beim Ansaugtakt der Fall, wenn durch die Abwärtsbewegung des Kolbens und den entstehenden Unterdruck im Verbrennungsraum die Ringe vom Nutgrund abheben und das Öl auf der Rückseite des Ringes vorbei in den Verbrennungsraum gesaugt wird. Bei den drei übrigen Takten kommt es durch den Druck vom Verbrennungsraum zum Anpressen der Ringe auf die untere Ringflanke.

RADIALBEWEGUNG

Im Grunde bewegen sich die Ringe nicht radial hin und her, sondern der Kolben vollzieht durch die Umkehrbewegung innerhalb der Zylinderbohrung einen Anlagewechsel von der einen zur anderen Zylinderwand. Dies geschieht im oberen als auch im unteren Kolbentotpunkt. Dadurch kommt es zur Radialbewegung des Ringes innerhalb der Kolbenringnut. Dies führt zum Zerreiben einer sich bildenden Ölkohleschicht (besonders bei Trapezringen), als auch in Verbindung mit dem Kreuzschliff zur Ringrotation.

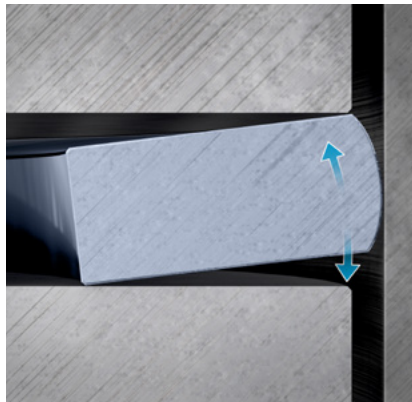


Radialbewegung des Kolbenrings

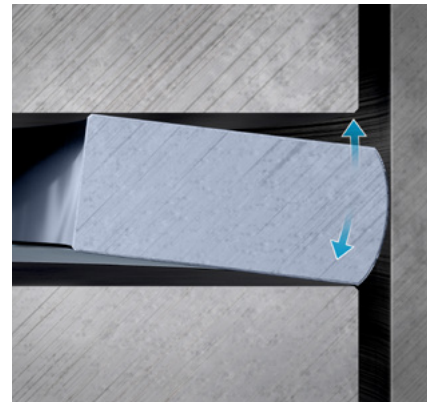


RINGTWIST

Durch Massenkräfte, Ringvertwüstung und das Ringhöhenpiel kommt es zu einer Bewegung der Ringe – wie im Bild gezeigt. Wie in Kapitel 1.5.5 Ballige Laufflächenformen beschrieben, laufen sich die Kolbenringe mit der Zeit ballig ein.



Ringvertwüstung



2 EINBAU UND SERVICE

2.1 BEURTEILUNG GEBRAUCHTER BAUTEILE

Als Teil eines Dichtsystems, das aus Kolben, Zylinder, Motoröl und Kolbenringen besteht, können Kolbenringe ihre Aufgabe nur in dem Maße erfüllen, wie es die Funktion der übrigen Komponenten zulässt. Ist nämlich der Wirkungsgrad einer Dichtkomponente durch Verschleiß herabgesetzt, sinkt infolgedessen der Gesamtwirkungsgrad des Dichtsystems.

Die Wiederverwendung von bereits gelaufenen Kolbenring-Gleitpartnern (Kolben und Zylinder) sollte genau geprüft werden. Das Dichtsystem ist nur so gut, wie die schwächste Komponente in ihm. Daher ist es nicht zweckmäßig, nur mit dem Austausch von Kolbenringen einen Motor instand zu setzen. Sind die Ringe verschlissen, ist davon auszugehen, dass es die Gleitpartner der Kolbenringe auch sind. Ein alleiniger Austausch der Ringe unter Wiederverwendung eines verschlissenen Kolbens oder einer verschlissenen Zylinderlaufbuchse wird nicht die gewünschten Resultate bringen. Die Beseitigung von Leistungsverlusten oder zu hohen Ölverbräuchen ist damit ein aussichtsloses Unterfangen und bringt, wenn überhaupt, nur kurzzeitigen Erfolg.

Die Ursachen, die diesem Umstand zugrunde liegen, sind u.a. in Kapitel 1.6.6 Kolbenringdichtflächen beschrieben.



2.2 BEURTEILUNG GEBRAUCHTER KOLBEN

2.2.1 MESSUNG UND BEURTEILUNG DER RINGNUTEN

Sollen an einem bereits gelaufenen Kolben neue Kolbenringe aufgezogen werden, dann entscheidet das Ringhöhenspiel über die Wiederverwendbarkeit des Kolbens. Der betreffende Kolbenring wird, wie in der Abb. 1 gezeigt, in die gereinigte Ringnut eingeführt und mit einer Fühlerlehre gemessen. Soll ein neuer Kolbenring in einem gelaufenen Kolben gemessen werden, so ist die in der Abbildung gezeigte Methode besser, als den Kolbenring auf dem Kolben zu montieren. Beim wiederholten Auf- und Abziehen des Kolbenringes auf den Kolben kommt es unter Umständen zu einer Materialverformung des Kolbenringes, die die Funktion beeinträchtigt.



Abb. 1: Messen des Ringhöhspiels

**ACHTUNG**

Das Verschleißmaß bezieht sich auf die Außenkanten der zu messenden Ringnut, d. h. es darf nicht möglich sein, dass die Fühlerlehre mit 0,12 mm Dicke, wie in Abb. 2 gezeigt, zwischen Kolbenring und Ringnut eingeschoben werden kann. In diesem Fall gilt die Ringnut als bereits verschlissen.

Ringhöhen Spiel (mm)	Verwendbarkeit des Kolbens
0,05–0,10	 Kolben verwendbar
0,11–0,12	 erhöhte Vorsicht geboten
> 0,12	 Kolben ist verschlissen und muss ersetzt werden

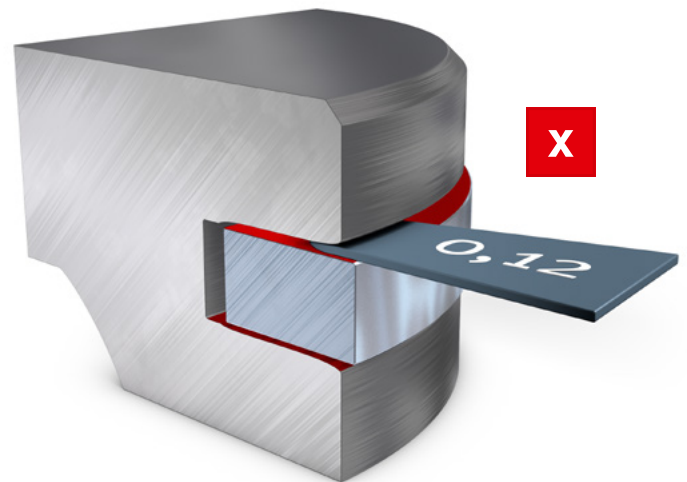


Abb. 2: verschlissene Ringnut

Die Überprüfung des Ringhöhenspiels ist bei Trapezzringen im aufgezogenen und ungespannten Zustand nicht möglich. Aufgrund der Trapezform stellt sich das richtige Ringhöhenspiel in der Trapeznut nur ein, wenn der Kolbenring auf das Zylindermaß zusammengedrückt oder im Zylinder montiert ist.

Eine Messung ist somit nur schwer möglich. Die Prüfung muss sich aus diesem Grund auf eine Sichtprüfung der Nut auf Verschleiß beschränken (Abb. 3).

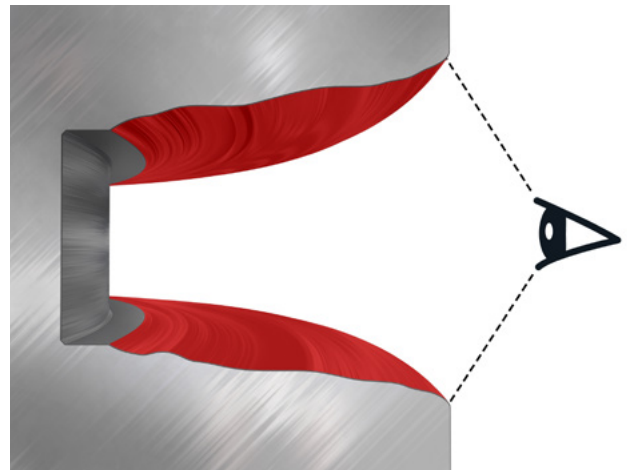


Abb. 3: Sichtprüfung der Nut

2.3 BEURTEILUNG GELAUFENER ZYLINDERBOHRUNGEN

2.3.1 HOCHGLÄNZENDE ZYLINDERLAUFBAHNEN (GRAUGUSS-ZYLINDER)

Hochglänzende, spiegelglatte Zylinderoberflächen, auf denen keine Honriefen mehr vorhanden sind, sind entweder das Resultat von natürlichem Verschleiß nach langer Laufzeit oder eben nach kurzer Laufzeit infolge von Schmutz und Mischreibung.

Die Tatsache, dass durch Verschleiß alle Honriefen entfernt wurden, ist ein sicheres Indiz dafür, dass eine Zylinderbohrung verschlissen ist. Ein Nachmessen mit entsprechenden Messgeräten erübrigt sich. Solche Zylinder sollten in jedem

Fall erneuert (Zylinderlaufbuchsen) oder frisch gebohrt und gehont werden (Motorblöcke).

Lokal begrenzte Glanzstellen auf der Zylinderlauffläche nach vergleichsweise kurzer Laufzeit (die Honstruktur ist in diesem Bereich ebenfalls völlig entfernt) sind Beweis dafür, dass es im Bereich der Glanzstellen zu Mischreibung und dadurch zu erhöhtem Verschleiß im Zylinder gekommen ist. Für solche lokal begrenzten Glanzstellen kommen zwei Hauptursachen in Frage.

2.3.2 ÖRTLICH BEGRENZTE GLANZSTELLEN AUFGRUND VON ZYLINDERVERZÜGEN

Durch Zylinderverzüge kommt es zu Unrundheiten an unbestimmten Stellen innerhalb des Zylinders (Abb. 1). Die Lage der Glanzstellen ist hierbei gleich dem Entstehungsort des Verzuges. Die Kolbenringe laufen über diese Einschnürungen und tragen vorzugsweise dort Material ab. Durch die Einschnürung kommt es an deren Erhöhung beim Darüber-

gleiten des Kolbenringes und die damit verbundene punktuelle Berührung mit der Zylinderwand zur Mangelschmierung und zu Mischreibung.

Ursachen sind

- thermische Verzüge durch örtliche Überhitzungen – durch schlechten Wärmeübergang (Verschmutzungen) zum Kühlmedium
- Nichteinhalten der vorgeschriebenen Anzugsdrehmomente, Verwendung falscher O-Ringe oder sonstiger Spannungsverzüge

Abhilfe

- gründliche Reinigung und ggf. Nacharbeit der Zylindergrundbohrung bei nassen und trockenen Zylinderbohrungen
- genaue Einhaltung der Anzugsvorschriften bei der Montage des Zylinderkopfs
- reguläre Reinigung der Kühlrippen von luftgekühlten Rippenzylindern
- Sicherstellen der vorschriftsmäßigen Funktion des Kühlsystems (Umwälzgeschwindigkeit, Sauberkeit)
- Verwendung der vorgeschriebenen Dichtringe (Abmessungen, Materialzusammensetzung)

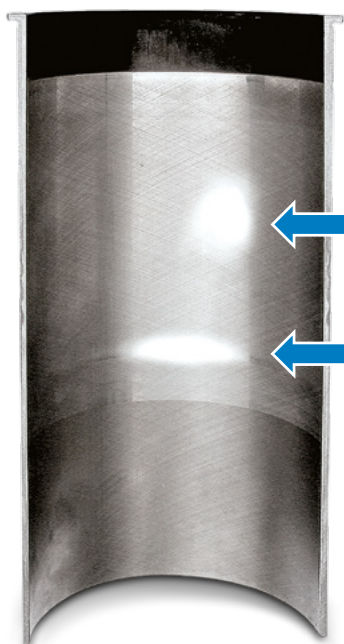


Abb. 1: örtlich begrenzte Glanzstellen

2.3.3 GLANZ- UND POLIERSTELLEN IM OBEREN ZYLINDERBEREICH (BORE POLISHING)

Im oberen, vom Feuersteg überlaufenen Bereich der Zylinderlaufbahn (Abb. 2), befinden sich blanke Stellen. Grund hierfür sind harte Ablagerungen am Feuersteg durch unregelmäßige Verbrennung, schlechte Ölqualität oder niedrige Verbrennungstemperaturen, bedingt durch häufige Leerlaufphasen oder Teillastbetrieb. Die Ölkohleschicht (Abb. 3) führt hierbei zu abrasivem Verschleiß an der Zylinderwand, zur Schädigung des Ölfilms, zu Mischreibung, erhöhtem Kolbenringverschleiß und in der Folge zu hohem Ölverbrauch.

Abhilfe

- vorschriftsmäßiger Betrieb des Motors
- Verwendung der vorgeschriebenen Ölqualitäten
- Verwendung von Markenkraftstoffen
- vorschriftsmäßige Wartung, Überprüfung und Einstellung des Einspritzsystems



Abb. 2: Glanz und Polierstellen im oberen Zylinderbereich



Abb. 3: Ölkohleschicht am Feuersteg

2.3.4 ZWICKELVERSCHLEISS

Zwickelverschleiß (Abb. 1) stellt sich nach längerer Laufzeit an den Umkehrpunkten der Kolbenringe im oberen und unteren Totpunkt ein. In diesem Bereich ist die Kolbengeschwindigkeit reduziert und kommt am Umkehrpunkt sogar kurzzeitig zum Stillstand. Dadurch ist die Schmierwirkung beeinträchtigt, da der Kolbenring mangels Relativgeschwindigkeit zur Zylinderwand kurzzeitig nicht mehr auf dem Ölfilm schwimmt und metallischen Kontakt mit der Zylinderwand bekommt.

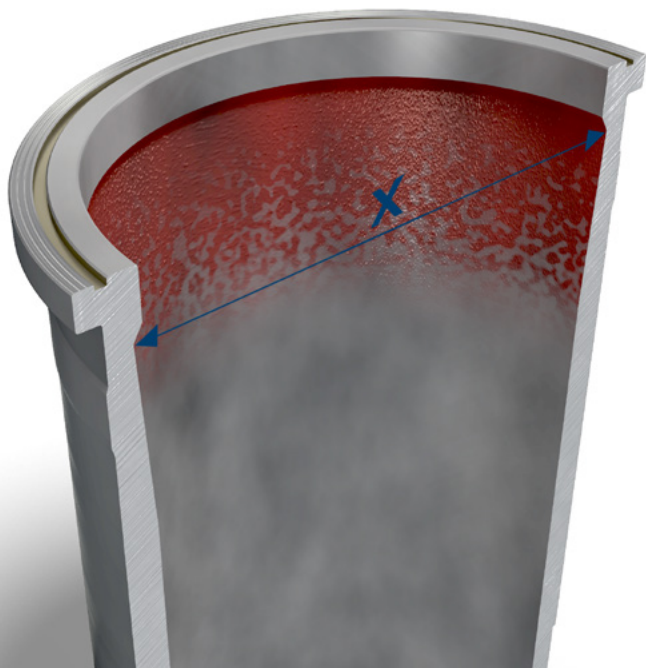


Abb. 1: Zwickelverschleiß

Der Zwickelverschleiß ist im Bereich der Kolbenringumkehrzone nahe dem oberen Kolbentotpunkt konstruktionsbedingt am größten, da hier die Zylinderoberfläche der heißen Verbrennung ausgesetzt ist und dadurch die Schmierung beeinträchtigt ist.

Das Ausmaß des Zwickelverschleißes entscheidet über die Wiederverwendbarkeit der Zylinderlaufbuchse bzw. des Motorblockes. Überschreitet der Zwickelverschleiß die in der Tabelle angegebenen Werte, muss die Zylinderlaufbuchse erneuert, bzw. der Motorblock frisch gehont werden. Sollte an anderer Stelle im Zylinder ähnlich großer Verschleiß auftreten, gelten die nachfolgend genannten Verschleißmaße selbstverständlich auch in diesem Fall.

Die Abb. 3 zeigt was passiert, wenn ein neuer Kolben in eine verschlissene Zylinderbohrung eingesetzt wird. Dadurch, dass der neue Kolben über keinerlei Ringnutverschleiß und die Kolbenringe noch scharfe Kanten haben, kommt es im Betrieb zu einem Anschlagen der Kolbenringkante an der Verschleißkante des Zylinders. Hohe mechanische Kräfte, hoher Verschleiß und Kolbenringflattern, verbunden mit hohem Ölverbrauch sind die Folge.

Motorbauart	Zwickelverschleißgrenze „X“
Benzinmotoren	≥ 0,1 mm
Dieselmotoren	≥ 0,15 mm

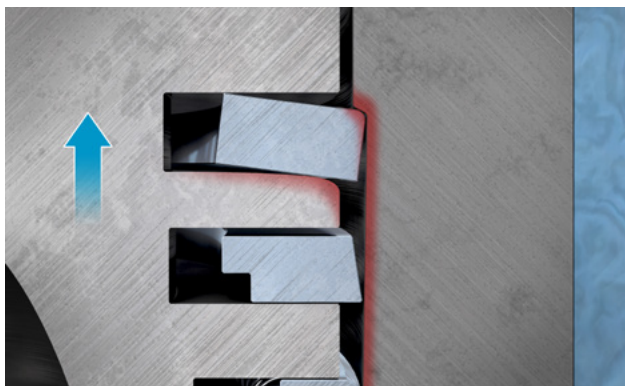


Abb. 2: Anschlagen des Kolbenrings bei altem Kolben



Abb. 3: Anschlagen des Kolbenrings bei neuem Kolben

2.3.5 ZYLINDERGEOMETRIE UND RUNDHEIT

Voraussetzung für eine bestmögliche Kolbenringabdichtung sind perfekte Zylindergeometrien. Abweichungen von der Zylinderform, Unrundheiten, Maßfehler und Verzüge in den Zylinderbohrungen führen zu Abdichtproblemen bei den Kolbenringen. Dadurch kommt es zu vermehrtem Öldurchtritt

in den Zylinder, zu erhöhtem Blow-by-Gasausstoß, Temperatur- und Leistungsproblemen. Diese sind wiederum Ursachen für einen frühzeitigen Verschleiß und nicht zuletzt auch Kolbensschäden.

KLASSIFIZIERUNG VON ZYLINDERUNRUNDHEITEN

Unrundheiten in der Bohrungsgeometrie werden in Ordnungsebenen eingeteilt. Bei einer perfekten Zylinderbohrung mit keinerlei Unrundheiten oder Formabweichungen in axialer Richtung spricht man von einer Bohrung 1. Ordnung. Ovale Bohrungen, die oft durch Bearbeitungsfehler oder schlechte Wärmeabfuhr zurückzuführen sind, nennt man Unrundheiten 2. Ordnung. Dreieckige Unrundheiten 3. Ordnung resultieren meist aus einer Überlagerung von Verzügen 2. und 4. Ordnung. Unrundheiten 4. Ordnung, also quadratische Formfehler, werden in der Regel durch Verzüge verursacht, welche durch den Anzug der Zylinderkopfschrauben bedingt sind.

Das Maß der Unrundheit kann sich zwischen null und einigen hundertstel Millimetern bewegen. Aufgrund von geringen Kolbeneinbau-, bzw. Kolbenlaufspielen bei einigen Motoren können Verzüge von mehr als einem hundertstel Millimeter (0,01 mm) deshalb bereits zu viel sein. Kolbenringe sind lediglich in der Lage, geringe Unrundheiten 2. Ordnung, also leicht ovale Zylinderbohrungen und leichte Trapezformen in axialer Richtung, sicher abzudichten. Unrundheiten 3. und 4. Ordnung, wie sie oft durch Schraubenverzüge und/oder

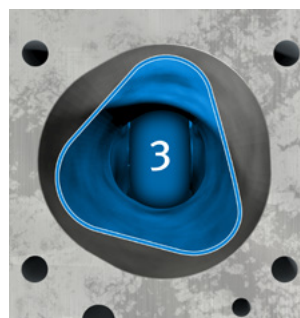
Bearbeitungsfehler entstehen, lassen Kolbenringe rasch an die Grenzen ihrer Abdichtfunktion gelangen. Besonders bei Kolbenkonstruktionen neuerer Bauart, bei der die Kolbenringhöhen nahe bei einem Millimeter oder sogar noch darunter liegen, verschärft sich die Dichtproblematik bei unrunder Zylinderbohrungen zunehmend. Die konstruktive Reduzierung der Kolbenringhöhen dient der Minderung von innermotorischen Reibungsverlusten und damit der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. Die Verringerung der Auflageflächen solcher Ringe auf der Zylinderwand erfordert eine geringere Kolbenringspannung. Die spezifische Flächenpressung der Ringe würde sonst zu groß werden und die tribologischen Eigenschaften würden sich verschlechtern. Bei korrekten Bohrungsgeometrien hat diese konstruktive Verringerung der Kolbenringspannung keinerlei nachteilige Auswirkungen. Die Ringe dichten sehr gut, verursachen nur geringe Reibungsverluste und besitzen eine hohe Lebensdauer. Bei unrunder und verzogenen Zylindern führt die niedrigere Kolbenringspannung dazu, dass sich die Ringe nicht oder nur sehr langsam an die Zylinderwand anpassen und somit ihrer vorschriftsmäßigen Abdichtfunktion nicht erfüllen können.



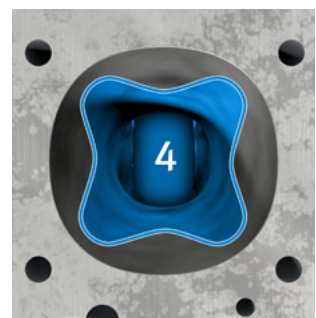
1. Ordnung



2. Ordnung



3. Ordnung



4. Ordnung

2.3.6 URSACHEN VON UNRUNDHEITEN UND VERZÜGEN AN ZYLINDERBOHRUNGEN

Unrundheiten und Verzüge bei Zylinderbohrungen können folgende Ursachen haben:

- Temperaturverzüge, die sich im Betrieb aufgrund von schlechter Wärmeabfuhr durch Fehler in der Kühlmittelzirkulation oder bei luftgekühlten Motoren aufgrund von verschmutzten, verölten Kühlrippen und/oder durch Ventilationsprobleme ergeben. Die im Zylinder auftretenden örtlichen Überhitzungen der Zylinderlauffläche führen zu vermehrter Wärmeausdehnung in diesem Bereich und damit zu Formabweichungen von der Zylinderidealform
- Temperaturverzüge konstruktiver Art, die sich durch unterschiedliche Wärmeausdehnung im Motorbetrieb ergeben
- Temperaturverzüge, die sich durch schlechte Schmierung und Kühlung während der Zylinderbearbeitung ergeben
- Unrundheiten durch zu hohe Bearbeitungsdrücke oder durch die Verwendung falscher Werkzeuge beim Honen
- Spannungsverzüge der Zylinder aufgrund von Form-Ungeauigkeiten und unvorschriftsmäßigen Schraubenanzug

In Abb. 1 ist ein Zylinderverzug 4. Ordnung zu sehen, der sich konstruktionsbedingt auch bei vorschriftsmäßigem Schraubenanzug der Zylinderkopfschrauben ergibt.

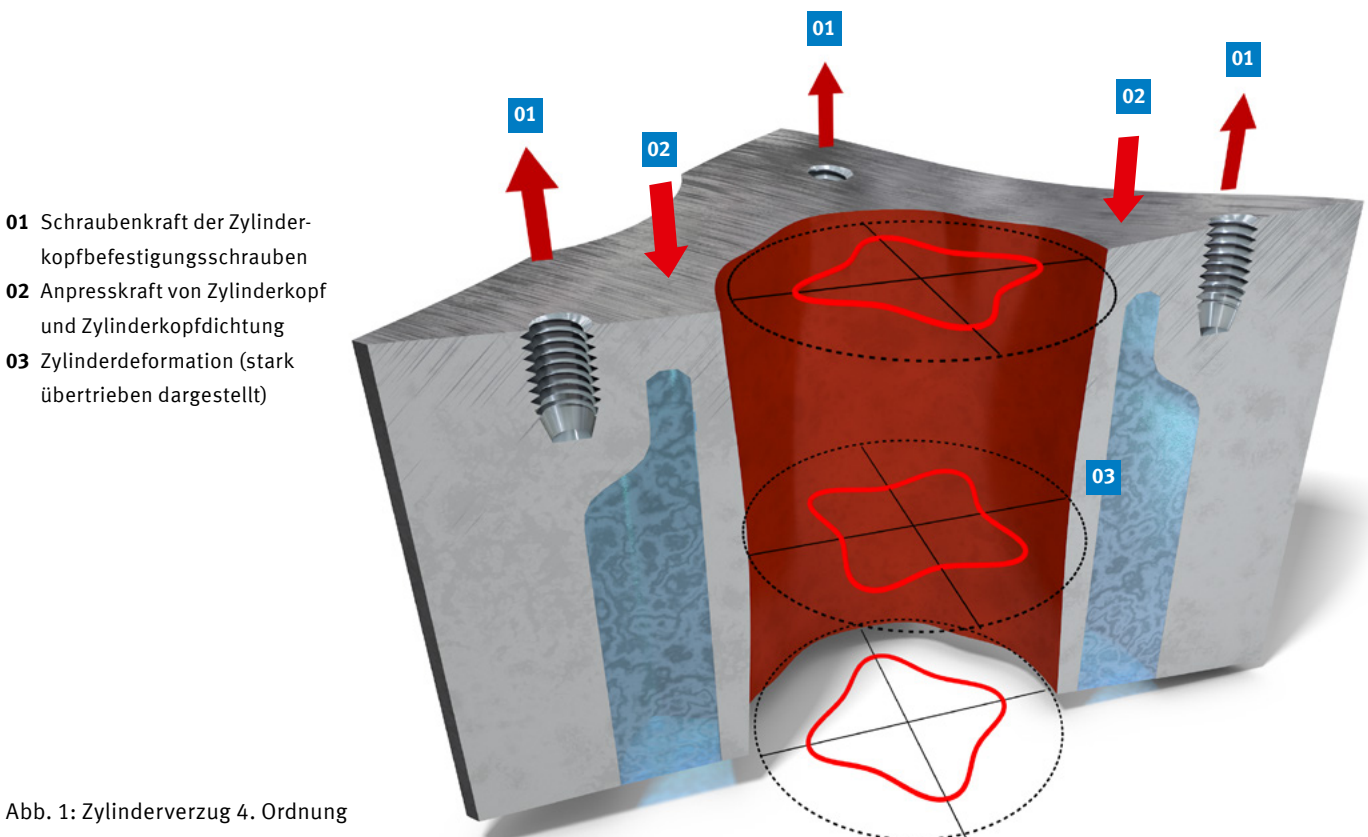


Abb. 1: Zylinderverzug 4. Ordnung

2.3.7 NACHARBEIT VON GELAUFENEN ZYLINDERBOHRUNGEN

Beim Austausch von Kolben oder beim Kolbenringwechsel wird in der Praxis oftmals mit so genannten Honbürsten oder federbelasteten Honsteinen (Abb. 2 und 3) gearbeitet. Mit einer richtigen Honung hat dieser Bearbeitungsschritt jedoch weniger zu tun. Die mehr oder weniger verschlissene Zylinderlaufbahn wird dabei lediglich einer Reinigung unterzogen und etwas aufgeraut. Eine Verbesserung der Zylindergeometrie lässt sich damit nicht bewerkstelligen. Dadurch, dass die Schleifkörper federbelastet sind, folgen diese jeder Unrundheit und jedem Verzug. Eine Verbesserung der Zylindergeometrie kann nicht erreicht werden. Zudem lassen sich durch den geringen Anpressdruck kaum vernünftige Rauhtiefen erzielen, die zur Verbesserung der Schmierwirkung beitragen könnten. Es wird lediglich etwas mehr Reibungswiderstand für die neuen Kolbenringe erzeugt, die sich somit etwas schneller an die Zylinderwand anpassen. Der vorliegende Verschleiß an der Zylinderoberfläche lässt sich damit nicht rückgängig machen oder verbessern. Mit Honbürsten oder federbelasteten Honsteinen lassen sich also keine nachhaltigen Verbesserungen der Zylinderlaufflächen erzielen – lediglich eine etwas besser Optik und ein leicht verkürzter Einlauf können erreicht werden. Somit darf diese Methode nicht als Instandsetzungs- oder Reparaturmethode gesehen werden.

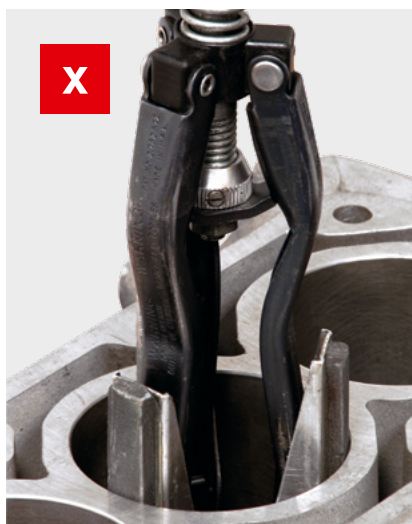


Abb. 2: federbelastete Honsteine

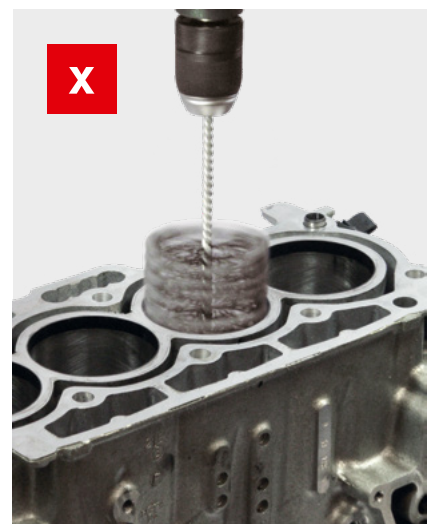


Abb. 3: Honbürsten

2.4 KOLBEN- UND KOLBENRINGMONTAGE

Die größten Kolbenringprobleme und -schäden entstehen beim unsachgemäßen Aufziehen der Ringe auf den Kolben. Hier ist der Kolbenringe der größten mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Das unsachgemäße Aufziehen wirkt sich nachteilig auf die in der Produktion gegebene Kontur und Radialdruckverteilung des Ringes aus. Die gewünschte Dichtfunktion stellt sich demzufolge nur noch ansatzweise oder auch gar nicht mehr ein.

Ein Kolbenring darf nur so weit aufgespreizt werden, bis der Innendurchmesser über den Außendurchmesser des Kolbens gestreift werden kann. Ein weiteres Aufspreizen führt zu einer Verbiegung des Ringes, besonders am Ringrücken (Abb. 1), was in eingebautem Zustand erhebliche Abdichtprobleme mit sich bringt.

Brüche, Schichtablösungen (vor allem bei Molybdän gefüllten Ringen), geringere Anpresskräfte am Ringrücken bis zu entstehenden Sichelspalten (Abb. 2) sind alles Probleme, die den Kolbenring in seiner Funktion beeinträchtigen oder ihn auch komplett ausfallen lassen.



ACHTUNG

Kolbenringe zum Zweck der Spannungserhöhung niemals aufbiegen! Beim Auseinanderziehen der Stoßenden verbiegt sich der Ring nur an einer Stelle – am Ringrücken. Die Ringspannung lässt sich dadurch nicht erhöhen. Im Gegenteil: Beim übermäßigen Aufbiegen oder Verbiegen verliert der Ring seine runde Form und kann nicht mehr richtig abdichten.



Abb. 1: Übermäßiges Aufspreizen des Kolbenrings

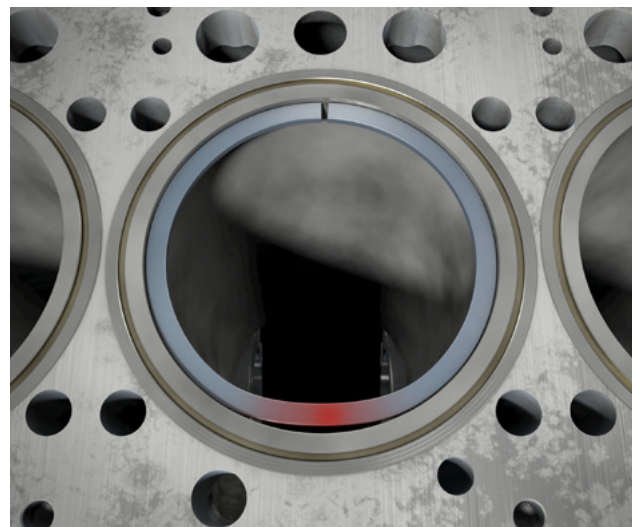


Abb. 2: Bildung von Sichelspalten durch übermäßiges Aufspreizen

2.4.1 MONTAGE UND DEMONTAGE VON KOLBENRINGEN

- Reinigen Sie gebrauchte Kolben sorgfältig von anhaftendem Schmutz. Achten Sie besonders darauf, dass die Ringnuten frei von Ölkohle und Schmutz sind. Reinigen Sie ggf. Öldrainagebohrungen mit einem Bohrer oder einem anderen geeigneten Werkzeug.
- Achten Sie darauf, die Nutflanken beim Beseitigen von Ölkohlen nicht zu beschädigen. Bei der unteren Nutflanke handelt es sich um eine Dichtfläche. Beschädigungen durch Kratzer können im Motorbetrieb hohen Ölverbrauch oder erhöhten Blow-by-Gasausstoß verursachen.
- Benutzen Sie zur Montage und Demontage von Kolbenringen unbedingt eine Kolbenringzange. Andere Hilfsmittel, wie z. B. Drahtschlaufen oder Schraubendreher, beschädigen den Kolbenring und den Kolben.
- Ziehen Sie Ringe nie von Hand auf (Ausnahme: Stahl-Lamellenölringe). Es besteht nicht nur die Gefahr des Ringbruchs, der Verbiegung und Überdehnung, sondern auch Verletzungsgefahr beim Brechen des Ringes oder durch scharfe Ringkanten.



Kolbenring-Montage-Set

Artikel Nr. 12 00001 16 900 (Pkw)

Artikel Nr. 12 00002 16 900 (Nkw)



ACHTUNG

Ein schnelles Aufziehen des Kolbenringes von Hand, ohne diesen zu zerbrechen, beweist zwar die Fingerfertigkeit des Mechanikers, schädigt jedoch den Kolbenring meist schon bei der Montage.



X

- Ziehen Sie den Ring nie in der gezeigten Weise über den Kolben. Wenn sich der Ring verbiegt und nicht mehr plan in der Nut liegt, dreht er sich nicht mehr in der Nut, verschleißt einseitig oder dichtet nicht mehr richtig. Schlimmer ist jedoch bei einer Molybdänbeschichtung des Ringes ein Abblättern oder Anbrechen der Molybdänschicht. Wenn der Verlust der Gleitschicht nicht schon beim Einbau auftritt, dann spätestens beim Motorlauf. Die Gleitschicht löst sich ab, schädigt Kolben und Zylinder und der Kolben frisst in der Zylinderbohrung, weil heiße Verbrennungsgase zwischen Kolben und Zylinderwand durchblasen. Die losen Teile führen zur Schädigung von Kolben und Zylinderlaufflächen.
- Vermeiden Sie unnötiges Auf- und Abziehen der Kolbenringe. Die Ringe verbiegen sich bei jeder Montage ein wenig. Ziehen Sie Ringe von bereits vormontierten Kolben nicht wieder ab, um diese z. B. nachzumessen.
- Halten Sie die Einbaureihenfolge der Ringe ein: Zuerst den Ölabbstreifring montieren, dann den zweiten Verdichtungsring, dann den ersten Verdichtungsring.

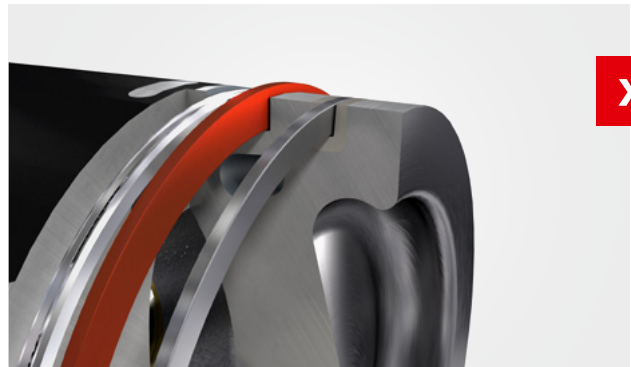
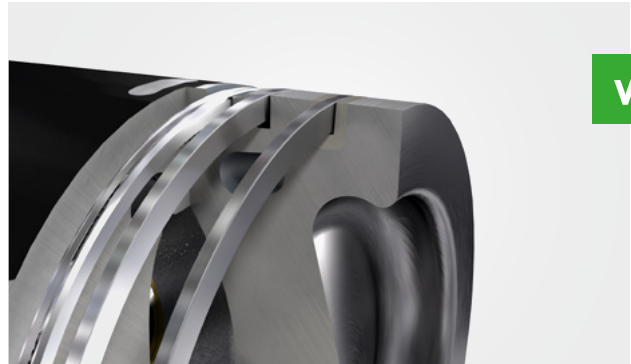


- Achten Sie auf die Einbaumarkierungen. „Top“ bedeutet, dass diese Seite nach oben zum Verbrennungsraum zeigen muss. Wenn Sie sich nicht sicher sind, oder keine „Top“-Markierung vorhanden ist, dann montieren Sie den Ring mit der Schrift oben.

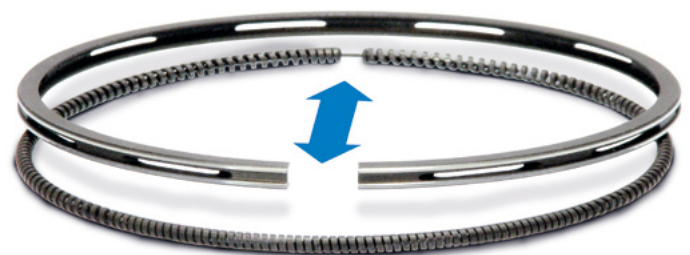


- Prüfen Sie, ob sich die Ringe in den Ringnuten frei drehen (rotieren) lassen.

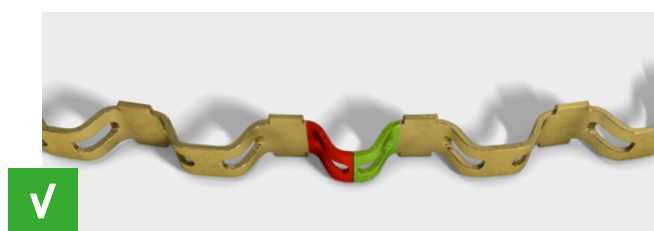
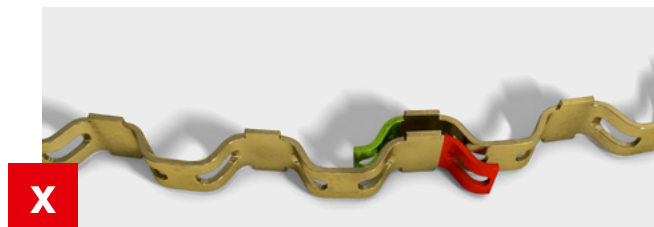
- Prüfen Sie, ob der Ring über den gesamten Umfang ganz in der Ringnut verschwindet, d. h., die Lauffläche des Ringes darf nicht über den Kolbenschaft überstehen. Das ist wichtig, weil bei fehlendem Nutgrundspiel (falscher Ring oder Nutgrund verkocht) die Ringfunktion nicht gewährleistet ist.



-
- Achten Sie beim Einbau von zweiteiligen Ölabbstreifringen stets auf die Lage der Schlauchfeder. Die Enden der Schlauchfeder müssen stets gegenüber dem Ringstoß liegen.



- Bei dreiteiligen Ringen ist die korrekte Lage der Expanderfeder unabdingbar zur Gewährleistung der Ölabbstreiffunktion. Prüfen Sie vor dem Kolbeneinbau auch bei Kolben mit vormontierten Ringen in jedem Fall die Lage der Expanderfedern. Die Federenden sind während des Transports in ungespanntem Zustand und können übereinander rutschen. Beide Farbmarkierungen an den Federenden müssen sichtbar sein. Sind diese nicht sichtbar, ist die Feder überlappt und der Ring funktioniert nicht. Alle Ringstöße des dreiteiligen Ölabbstreifringes (die beiden Stahlplatten und die Expanderfeder) müssen jeweils 120° zueinander verdreht eingebaut werden.



- Verdrehen Sie die Kolbenringstöße des einbaufertigen Kolbens so, dass die Kolbenringstöße ungefähr 120° zueinander verdreht sind. Sie helfen dem Kolben, bzw. den Ringen beim ersten Motorstart. Grund: Die Verdichtung ist beim ersten Motorstart etwas niedriger, da die Kolbenringe noch nicht eingelaufen sind. Mit dem Verdrehen der Stoßenden zueinander wird verhindert, dass beim ersten Start des Motors allzu viel Blow-by-Gas entsteht und der Motor dadurch schlecht anspringt.



2.4.2 EINSETZEN DES KOLBENS IN DIE ZYLINDERBOHRUNG

- Reinigen Sie die Dichtfläche des Motorblocks gründlich von Dichtungsresten, falls diese nicht bei der Überholung nachgearbeitet wurde.
- Reinigen Sie alle Gewindelöcher sorgfältig von Schmutz, Öl und Kühlmittel das sich ggf. noch dort befindet.
- Führen Sie alle Reinigungsarbeiten durch, bevor die Kolben in die Zylinder verbaut werden.
- Benetzen Sie alle Flächen am Kolben mit frischem Motoröl – Kolbenbolzen und Pleuellagerung nicht vergessen.
- Achten Sie auf die Einbaurichtung des Kolbens (Einbau-markierungen auf dem Kolbenboden, Ventiltaschen).
- Reinigen Sie die Zylinderbohrung nochmals mit einem Lap-pen und benetzen Sie diese ebenfalls mit Motoröl.
- Kontrollieren Sie Ihr Kolbenringspannband auf Beschädi-gungen und Dellen und beheben Sie diese oder tauschen Sie das Werkzeug ggf. aus.
- Achten Sie beim Kolbeneinbau darauf, dass das Spann-band oder die konische Montagehülse plan auf der Zylinderkopfdichtfläche aufliegt.
- Bauen Sie die Kolben nicht ohne Einbauwerkzeug in den Motor ein (Verletzungsgefahr, Ringbruchgefahr).



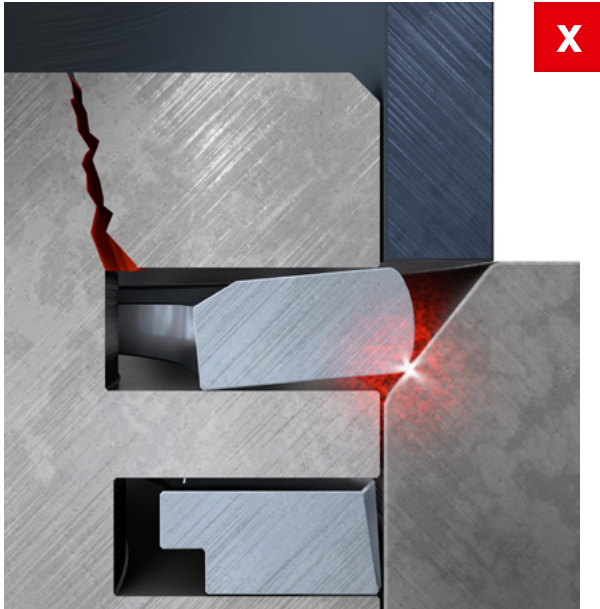


Abb. 1: zu große Fase an der Zylinderbohrung – der Kolbenring federt bei der Montage zwischen Kolbenringspannband und Zylinder aus und der Kolben blockiert



Abb. 2: kleine Fase an der Zylinderbohrung – der Kolbenring gleitet über den Spalt

- Beim Einbau des Kolbens darf kein starker Druck nötig sein. Wenn sich ein Kolben nicht in den Zylinder schieben lässt, unbedingt das Spannband überprüfen. Verdrehen Sie die Öffnung des Bandes nicht so, dass es mit den Stoßenden der Ringe deckungsgleich steht.
- Wenn ein Hammerstiel zum Einbau benutzt wird, darf nur das Eigengewicht des Hammers auf den Kolbenboden wirken. Niemals den Hammer benutzen, um den Kolben mit Gewalt in den Zylinder zu treiben. Wenn die Kolbenringe nicht schon beim Einbau brechen, können sie dennoch verbogen werden und später im Motorlauf ihre Funktion nicht vollständig erfüllen.
- Gewaltsamer Einbau schadet nicht nur den Ringen, sondern kann auch den Kolben beschädigen. Das ist besonders bei Kolben von Ottomotoren der Fall. Bei diesen sind die Feuer- oder Ringstege mitunter sehr dünn und brechen bei einer Schlagbelastung leicht an oder durch. Leistungsverlust und baldige, teure Anschlussreparaturen sind die Folge.
- Vermeiden Sie, dass Schmutz und Sand in den Zylinder fällt, nachdem die Kolben eingesetzt wurden. Legen oder stecken Sie ggf. saubere Tücher auf/in die Bohrungen, um eine vermeidbare Schmutzbelastung zu umgehen. Besonders dann, wenn im staubigen Umfeld und/oder unter freiem Himmel gearbeitet wird.

2.5 MOTORINBETRIEBNAHME UND EINLAUF

2.5.1 ALLGEMEINES

Wenn man vom Motoreinlauf spricht, denkt man für gewöhnlich an alle bewegten Bauteile, die sich aneinander anpassen müssen. Das ist grundsätzlich richtig, trifft jedoch besonders für die Kolbenringe zu. Kolbenringe sind jene Bauteile, die aufgrund ihrer Aufgaben am höchsten belastet sind und sich nicht nur an die Oberfläche des Laufpartners anpassen, sondern danach auch noch perfekt abdichten müssen. Die Kolbenringe sind deshalb jene Bauteile, die am meisten von einem vorschriftsmäßigen und damit guten Einlauf profitieren. Alle druckölversorgten Bauteile haben beim Einlauf längst nicht so hohe Belastungen zu bewältigen wie die Kolbenringe.

Immer wieder kommt es unter Kunden und Technikern zu unterschiedlichen Auffassungen, was die Inbetriebnahme und den Einlauf von überholten Motoren betrifft. Zum einen hält sich die Meinung, dass eine Einfahrzeit von 500 bis 1.500 km nach wie vor notwendig ist, zum anderen wird aber auch die Auffassung vertreten, dass die Einfahrzeit nicht erforderlich ist. Letztere Aussage resultiert nicht zuletzt auch auf den Angaben einiger Motorenhersteller, die einen speziellen Motoreinlauf nicht vorsehen. Beide Aussagen sind richtig und haben ihre Berechtigung. Man muss hier nur zwischen fabrikneuen und überholten Motoren unterscheiden.



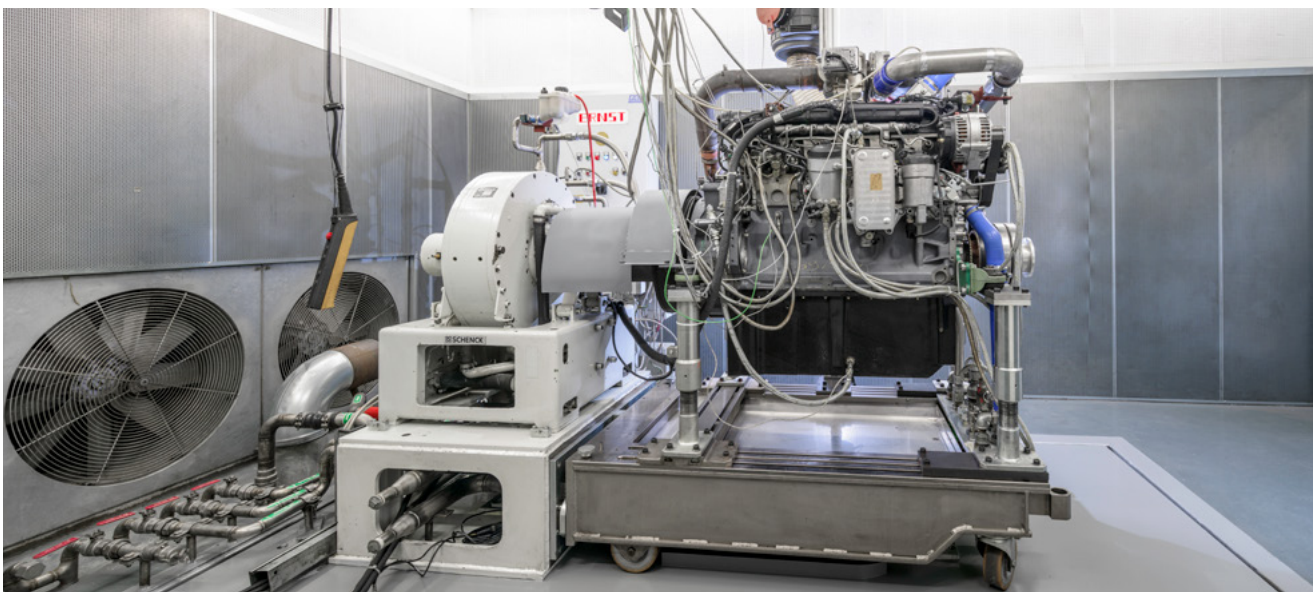
2.5.2 EINLAUF FABRIKNEUER MOTOREN

Fabrikneue Motoren werden heute unter modernsten Produktionsverfahren gefertigt. Die Gleitpartner werden so genau gefertigt, dass die Anpassung, die früher normalerweise während der Einlaufzeit des Motors passierte, bereits durch spezielle Fertigungsprozesse der Bauteile vorweg zusammen genommen wird. Dies geschieht durch spezielle Fertigungsprozesse (z. B. bei Zylinderlaufbahnen), als auch durch die Feinstbearbeitung der übrigen Gleitpartner. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Läppvorgänge, um die Oberflächen von den während den Bearbeitungsgängen entstandenen feinsten Graten und Oberflächenunebenheiten zu befreien. Früher überließ man diesen Anpassungsvorgang den Gleitpartnern, die sich während der Einlaufzeit aneinander anpassen mussten. Das ging jedoch nicht ohne einen erheblichen Materialverlust. Kolbenringe büßten beispielsweise bereits während der ersten Betriebsstunden einen erheblichen Teil ihrer Verschleißreserven ein. Gerade heute, wo um jedes Milligramm Schadstoffausstoß gekämpft wird, sind Motoren gefragt, die vom Start weg ihre definierten Kraftstoffverbrauchswerte und damit auch die Schadstofflimits einhalten.

Ein Motoreinlauf, bei dem sich die Gleitoberflächen durch Reibung und unter überdurchschnittlichem Verschleiß erst einmal aneinander anpassen müssen, ist im modernen

Motorenbau heute kaum mehr denkbar. Schließlich erwartet der Endverbraucher eine Motorlaufleistung, die ein Vielfaches von dem beträgt, was man vor 25 Jahren als Optimum annahm. Nicht zuletzt absolviert ein fabrikneues Fahrzeug, bis es die verschiedenen Logistikzentren und Transporte durchlaufen hat und beim Kunden ankommt, einen regelrechten Kaltstartmarathon. Nicht selten muss ein Motor bis zu 150 Kaltstarts erdulden, ohne dazwischen auf Betriebstemperatur zu kommen. Denken Sie in diesem Zusammenhang auch an die Verschiffung in andere Länder und Kontinente. Ein Motor, der sich erst noch einlaufen müsste, hätte unter diesen Umständen einen denkbar schlechten Start.

Ein weiterer Grund für gelockerte Einfahrvorschriften für fabrikneue Fahrzeuge ist, dass aufgrund der heutigen Verkehrsdichten die Fahrzeuge kaum mehr an ihren Leistungsgrenzen betrieben werden können. Sogar auf den von Tempolimits unbeschränkten Autobahnen ist es heute kaum mehr möglich, über einen längeren Zeitraum die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit bzw. die Nennleistung des Motors abzurufen. Ein Fahrer, der früher mit einem 30 kW Fahrzeug und mit niedriger erreichbarer Höchstgeschwindigkeit zügig unterwegs war, schaffte es, das Fahrzeug schon auf der normalen Landstraße problemlos über längere Zeit unter Volllast zu betreiben.



Einlauf- und Verschleißtests auf dem Motorenprüfstand

2.5.3 EINLAUF VON INSTANDGESETZTEN BZW. REPARIERTEN MOTOREN

Anders als bei fabrikneuen Motoren ist bei überholten Motoren, bei denen neue Zylinderlaufbuchsen verwendet wurden, oder bei denen die Zylinderbohrungen auf das nächste Übermaß gebohrt und gehont wurden, ein Einlauf notwendig. Beim Motoreninstandsetzungsbetrieb kann in der Praxis (je nach vorhandenem Maschinenpark und Betriebsausstattung) nicht immer so präzise und so schmutzfrei gearbeitet werden, wie bei der Erstproduktion des Herstellers.

Gebrauchte Motoren werden durch eine Überholung nicht mehr wie neu. Oftmals werden neue und gebrauchte Teile kombiniert und Motoren aus Kostengründen nicht konsequent und komplett revidiert. Am notwendigsten ist ein Einlauf dann, wenn Zylinderbohrungen, Zylinderköpfe oder Pleuellwellen nachgearbeitet werden. Oftmals ist es in der Praxis nicht möglich, die selben Bearbeitungsparameter wie bei der Erstproduktion zu erreichen, da die Werte oft nicht bekannt sind oder die zur Verfügung stehenden Maschinen nur Standardbearbeitungen zulassen. Aus diesen Gründen empfiehlt sich bei überholten Motoren die Einhaltung der nachfolgend beschriebenen Einlaufvorschriften.



2.5.4 EINFAHREMPFEHLUNGEN FÜR ÜBERHOLTE MOTOREN

- Motor in jedem Fall auf der Straße oder einem Motorenprüfstand einfahren
- Fahrzeug nicht voll beladen
- Motor mit ständig wechselnden Drehzahlen bis max. 2/3 der Höchstdrehzahl betreiben
- beim Fahren die Gänge zügig hochschalten, untertourige Fahrzustände vermeiden, Gänge nicht ausdrehen
- keine längeren Bergauffahrten (zu viel Last)
- keine längeren Bergabfahrten (zu wenig Last und unvorteilhafter Schiebebetrieb)
- keine Benutzung von Motorbremseinrichtungen
- keine Autobahnfahrt und keine Höchstgeschwindigkeit fahren – Vermeidung von Fahrten auf Staustrecken
- Überlandfahrten und flüssiger Stadtverkehr sind vorteilhaft – jedoch kein Stadtverkehr bei extrem heißen Außentemperaturen und in der „Rush-hour“ mit vielen Ampelstopps und Wartezeiten



ACHTUNG

Für fabrikneue Fahrzeuge gibt es Einfahrvorschriften. Dasselbe gilt auch für überholte Motoren. Wenn kein Prüfstand vorhanden ist, um ein definiertes Einlaufprogramm zu fahren, muss der Motor auf der Straße eingefahren werden.

STÄNDIGE ÖLSTANDSKONTROLLE WÄHREND DER EINLAUFPHASE

Der Ölverbrauch kann in der Einlaufphase erhöht sein. Es ist ratsam, nach 50 bis 100 km nach dem Ölstand zu schauen und diesen ggf. aufzufüllen. Bei merklichem Abfall des Ölstandes am Ölmesstab den Ölstand weiterhin in kürzeren Abständen kontrollieren. Nicht überfüllen.

ÖLWECHSEL NACH 1.000 KM

Obwohl bei modernen Motoren in fabrikneuen Fahrzeugen schon seit längerer Zeit kein Ölwechsel nach den ersten 500 bis 1.000 km mehr notwendig ist, empfiehlt es sich dennoch

bei überholten Motoren. Schmutz vom vorangegangenen Motorschaden oder der Nacharbeit diverser Teile befindet sich oftmals noch im Ölkreislauf des Motors. Hinzu kommt noch der Metallabrieb durch die Einlaufvorgänge bei den erneuerten Motorenteilen. Diese verschleißfördernden Verunreinigungen müssen nach dem Einlaufvorgang durch einen Ölwechsel entfernt werden.



ACHTUNG

Bei diesem Ölwechsel muss auch der Ölfilter gewechselt werden.



ACHTUNG

Ein stundenlanges Motorbetrieb im Leerlauf ist absolut schädlich für den Motor!

Ein Motor läuft im Leerlauf nicht ein. Im Gegenteil, er kann sogar einen Schaden bekommen. Durch Leerlaufbetrieb werden die Lager und die Kolben schlecht mit Öl versorgt. Die Schmierung ist in Frage gestellt, da die Ölpumpe unter Leerlaufdrehzahl wenig Öl fördert. Der Öldurchfluss durch die Lager ist minimiert und das zu einem ungünstigen Zeitpunkt. Gerade jetzt, wo es aufgrund der Anpassungsvorgänge der Bauteile zu erhöhter Wärmeentwicklung durch Reibwärme kommt, fehlt das zur Schmierung und Kühlung notwendige Öl.

Ölversorgungskanäle und Leitungen werden mangels Öldurchfluss ggf. nicht richtig entlüftet und gespült. Metallischer Abrieb, Restschmutz von der Überholung oder einem Vorschaden, der sich noch im Ölversorgungssystem befindet, wird nicht schnell genug aus den Gleitlagern gespült und von der Zylinderwand gewaschen. Er verbleibt an der Einlaufstelle und verursacht dort bereits erneuten Verschleiß.

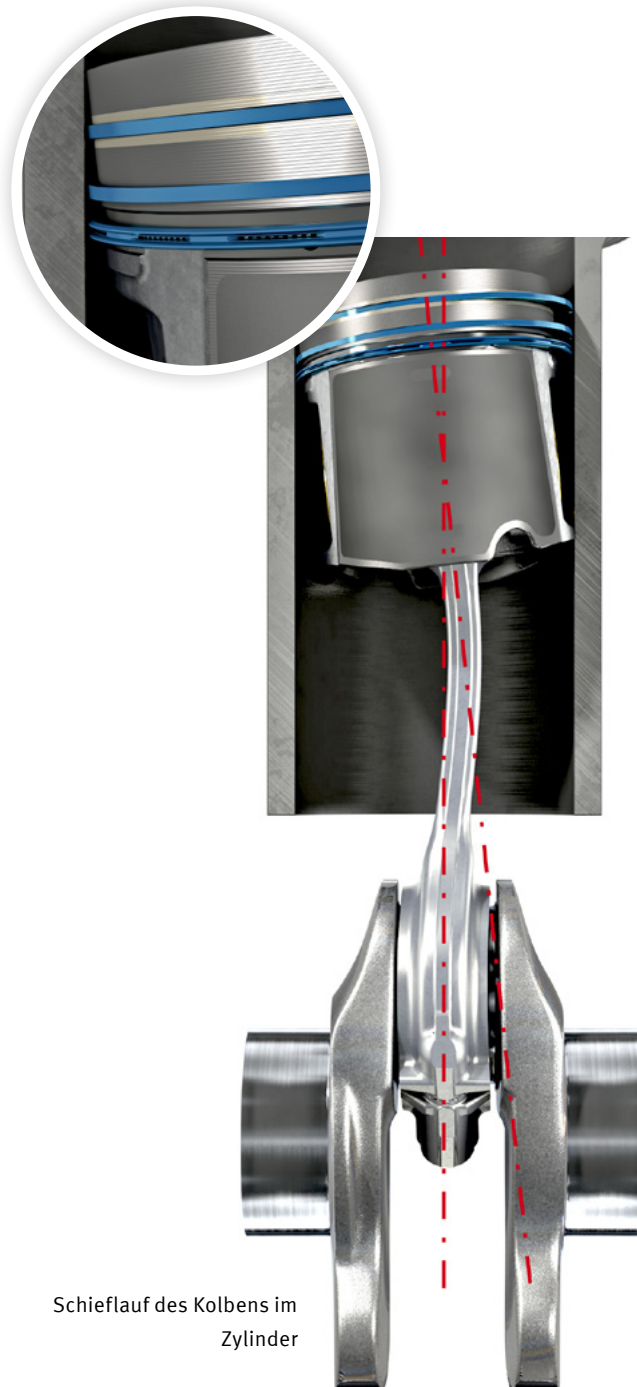
Nicht zu vergessen ist auch das Kraftstoffsystem. Gerade bei Dieselmotoren mit neuen oder überholten Injektoren ist es wichtig, dass diese richtig durchgespült werden. Die im Leerlauf eingespritzten Kraftstoffmengen sind jedoch sehr klein. Eine etwas schwergängige Düsennadel öffnet unter Umständen ebenfalls nicht oder zerstäubt den Kraftstoff nicht richtig.

2.6 ABDICHTPROBLEME UND KOLBENRINGSCHÄDEN

2.6.1 SCHIEFLAUF VON KOLBEN

Infolge von Motorschäden kommt es immer wieder auch zur Pleuelverbiegung /-verdrehung. Wenn bei der Überholung das große und kleine Pleuelauge nicht auf Parallelität überprüft wird, bzw. das Pleuel nicht gerade gerichtet wird, kommt es im späteren Motorbetrieb zu einem Schiefelauf des Kolbens im Zylinder. Die Kolbenringe laufen nicht kreisrund im Zylinder, sondern nehmen eine Ellipsenform an. Dadurch kommt es zu schwerwiegenden Abdichtproblemen. Die Kolbenringe liegen auf der einen Zylinderseite an der Unterkante und auf der anderen Seite an der Oberkante an. Sofern der Ring noch in der Lage ist, sich in der Ringnut zu drehen, wird sich dieser in sehr kurzer Zeit ballig einlaufen. Diese Balligkeit übersteigt eine konstruktiv gewollte Balligkeit um einen erheblichen Wert, so dass der Schmierfilm wesentlich dicker wird und somit eine gute Ölabstreifung unmöglich ist. Weiterhin kommt es durch den Schiefelauf des Kolbens zu einer Pumpwirkung an den Ringen und zu vermehrtem Öleintrag in den Verbrennungsraum.

Oft sind die Kolbenringe durch den Schiefelauf nicht mehr in der Lage sich zu drehen und federn in die Ellipse aus. Dadurch kommt es zu ungleichmäßigem radialen Verschleiß, was nicht selten zum Bruch von Kolbenringen führt.



Schiefelauf des Kolbens im Zylinder

2.6.2 OVALE BOHRUNG

In Zylindern mit ovalen Bohrungen führt die niedrigere Kolbenringspannung dazu, dass sich die Ringe nicht oder nur sehr langsam an die Zylinderwand anpassen und somit Ihrer vorschriftsmäßigen Abdichtfunktion nicht nachkommen können.

2.6.3 RINGSTECKEN UND ROTATIONSEMMNISSE

Dichtprobleme entstehen häufig dann, wenn sich die Ringe bei Viertaktmotoren nicht frei in den Ringnuten bewegen können. Schäden an Kolben und Zylindern sind dann vorprogrammiert (Überhitzung und Kolbenfresser). Trapezringe (siehe Kapitel 1.3.1 Verdichtungsringe) sind aufgrund ihrer Formgebung wenig anfällig für ein Festbacken oder Blockaden in den Ringnuten.

Gründe für Ringblockaden und Möglichkeiten sie zu verhindern

- Die Ringe dürfen nicht axial in der Nut klemmen. Die Ebenheit der Kolbenringe muss gewährleistet sein. Es muss in jedem Fall vermieden werden, dass Kolbenringe durch unsachgemäßes Aufziehen auf den Kolben verbogen werden (siehe Kapitel 2.4.1 Montage und Demontage von Kolbenringen).
- Die Ringnut muss maßlich zum Kolbenring passen.
- Die Ringnuten müssen frei von Schmutz und sonstigen Ablagerungen sein (Abb. 1).
- Das Motoröl muss die vom Motorenhersteller vorgegebene Spezifikation aufweisen. Falsches Öl fördert die Verkokung und das Festbacken der Ringe in ihren Nuten.
- Betrieb des Motors mit Pflanzenölen und alternativen Kraftstoffen.
- Verbogene Pleuelstangen und damit Schiefelauf der Kolben in der Zylinderbohrung.



Abb. 1: Schmutzablagerung in der Ringnut

2.6.4 SCHMUTZ

Schmutzeintrag in den Motor ist einer der häufigsten Gründe für frühzeitigen Verschleiß des Motors und damit konsequenterweise auch an den Kolbenringen. Schmutzschäden haben zwei Hauptursachen:

Ursache 1

Der Schmutz wird mit der Ansaugluft in den Zylinder geführt. Dies geschieht immer dann, wenn die Luftfilterwartung vernachlässigt wird. Wenn ohne Luftfilter gefahren wird oder aber das Ansaugsystem undicht ist und der Schmutz am Luftfilter vorbei in den Verbrennungsraum gelangt. Der im Verbrennungsraum befindliche Schmutz gelangt konsequenterweise auch in die Kolbenringnuten, wo er sich mit dem dort vorhandenen Öl zu einer Schleifpaste verbindet (Abb. 2). Die Kolbenringe werden dann in der Höhe heruntergeschliffen und die Kolbenringnuten werden erweitert (Abb. 3). Der Verschleiß, der durch Schmutz an den Kolbenringen verursacht wird, wirkt sich hauptsächlich in axialer Richtung an den Ringflanken aus. In radialer Richtung (an der Laufläche) verschleißt der Ring durch die entstehende Mischreibung zwar auch, jedoch längst nicht so stark wie an den Flanken. Ein häufiges Indiz für Schmutz in den Ringnuten sind Rollspuren an den Ringflanken. Der Schmutz, der zumeist aus feinem Sand besteht, kratzt dabei in Verbindung mit der Drehung der Ringe und der Kolbenkipfbewegung charakteristische Muster in die Ringflanke.

Da die Ringe im Betrieb überwiegend an der unteren Nutflanke anliegen, tritt der Verschleiß hauptsächlich an der oberen Ringflanke auf. Dort sind dann auch die Rollspuren zu finden (Abb. 4 und 5).

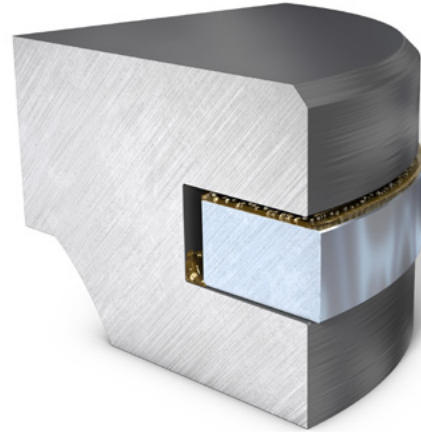


Abb. 2: Schmutz- und Ölablagerungen in der Ringnut verbinden sich zu einer Schleifpaste.

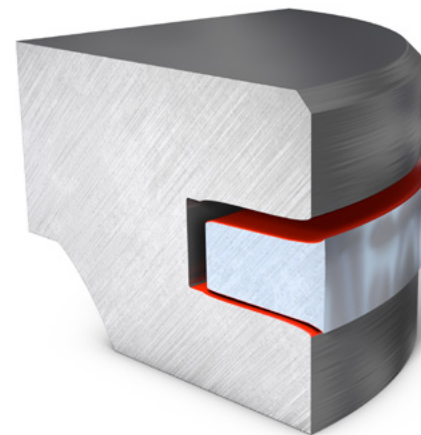


Abb. 3: Kolbenringnuterweiterung durch heruntergeschliffenen Kolbenring

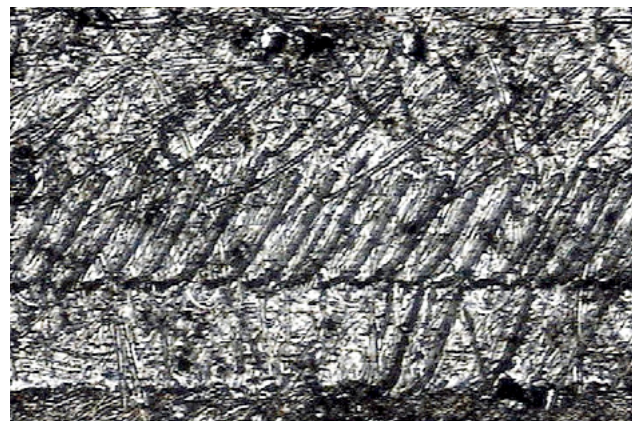
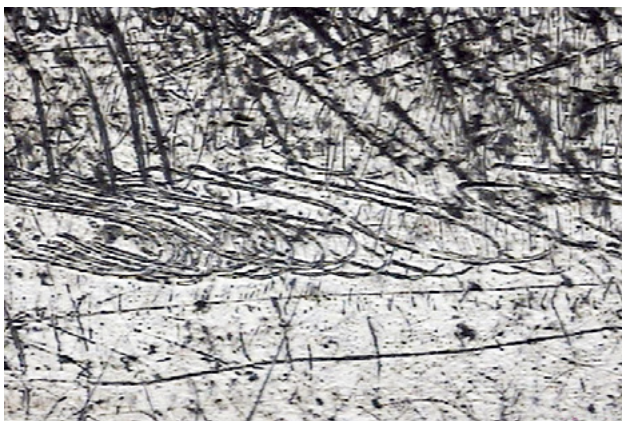


Abb. 4 und 5: Beispiele für Rollspuren an der oberen Ringflanke

Ursache 2

Der Schmutz befindet sich infolge eines Vorschadens und/oder einer schlecht ausgeführten Reparatur/Überholung noch im Ölkreislauf. Der Schmutz beginnt dann vom Kurbelraum her an den Zylinderwänden und Kolben zu verschleifen. Schmutzpartikel gelangen auch über verunreinigte Ölkreisläufe an alle Lagerstellen im Motor. Das Öl wird zwar über den Ölfilter gefiltert, aber häufig wird der Ölkreislauf nicht richtig gereinigt. Schmutz, der sich bereits auf der Reinseite des Ölkreislaufes befindet, gelangt an die Lagerstellen und führt dort zu vorzeitigem Verschleiß oder zu Schäden.

Häufig wird bei einem Motorschaden der Ölfilter durch Abrieb soweit verstopft, dass das Bypass-Ventil öffnet. Das Motoröl gelangt dann ungefiltert zu den Schmierstellen. Diesen Sachverhalt nimmt man bei der Motorkonstruktion in Kauf, um kapitale Motorschäden aufgrund von völligem Ölverlust an den Lagern zu vermeiden. Oftmals befinden sich nach einem Motorschaden noch große Schmutzmengen im

Ölkühler und in dessen Ölleitungen. Daher ist es unverantwortlich, einen neuen oder überholten Motor an einen ungereinigten Ölkühler anzuschließen und den Motor in Betrieb zu nehmen.



ACHTUNG

Wird ein Ölkühler durch einen Motorschaden verschmutzt, ist eine Reinigung oftmals wenig Erfolg versprechend. In diesem Fall ist es besser, einen neuen Ölkühler zu verwenden, um das Schadensrisiko, das sich aus der Verwendung des alten Ölkühlers ergibt, auszuschließen.

2.6.5 KRAFTSTOFFÜBERSCHWEMMUNG

Nach Schmutzschäden sind Schäden und Verschleiß durch Kraftstoffüberschwemmungen die zweithäufigste Schadensursache bei Kolbenringen. Bei der Kraftstoffüberschwemmung wird der Ölfilm auf der Zylinderwand so stark in Mitleidenschaft gezogen, dass die Kolbenringe metallisch auf der Zylinderwand reiben und sehr schnell an radialer Wanddicke verlieren. Metallischer Kontakt der Kolbenringe mit der Zylinderwand (Abb. 1) darf nur kurzzeitig und in Ausnahmefällen (z. B. beim Kaltstart) auftreten und ist im übrigen Motorbetrieb nicht zulässig. Die Lebensdauer von Kolben, Kolbenringen und Zylinderbohrungen leidet erheblich und wird dramatisch verkürzt. Im Normalzustand sind die Gleitpartner immer durch einen Ölfilm metallisch getrennt (Abb. 2). Der Ölfilm muss hierbei also dicker sein als die Unebenheiten auf den Oberflächen der Gleitpartner.

Im Motorbetrieb kommt es durch Verbrennungsstörungen häufig zur Ansammlung und auch zur Kondensation von Kraftstoff auf der Zylinderwand. Der Ölfilm wird dabei verdünnt oder abgewaschen. Die entstehende Mischreibung lässt die Kolbenringe innerhalb weniger tausend Kilometer völlig verschleifen. Die Leistung sinkt und der Ölverbrauch des Motors steigt.

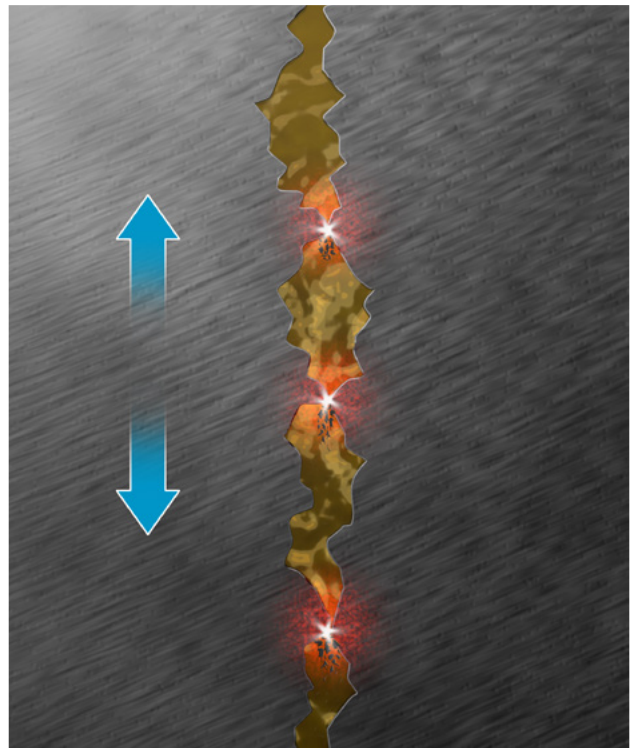


Abb. 1: Mischreibung – Kolbenring und Zylinderwand haben metallischen Kontakt

Mischreibung führt zu sehr starkem radialem Verschleiß an den Kolbenringen und der Zylinderoberfläche. Dieser ist sehr leicht an den beiden Abstreifstegen des Ölabstreifringes erkennbar. In Abb. 3 ist ein neuer und ein durch Mischreibung verschlissener Ölabstreifring zu sehen. Die beiden Abstreifstege sind völlig abgetragen. Der Motor, aus dem der Ring stammt, litt unter exzessivem Ölverbrauch. Derartiger radialer Verschleiß, der nicht nur an den Ölabstreifringen auftritt, lässt sich fast immer einer Kraftstoffüberschwemmung zuordnen.

Besonders dann, wenn der Verschleiß nicht an allen Kolben gleichermaßen ausgeprägt ist, kann nur ein Mischreibungverschleiß durch Kraftstoffüberschwemmung vorgelegen haben. Dieser Fall tritt sogar sehr häufig auf und dient als Beweis dafür, dass die Ringe nicht etwa durch eine vermutete schlechte Materialqualität oder fehlerhafte Zylinderbearbeitung verschlissen sind. Das wäre dann gleichmäßig an allen Kolben und Kolbenringen der Fall und nicht nur an bestimmten Zylindern.

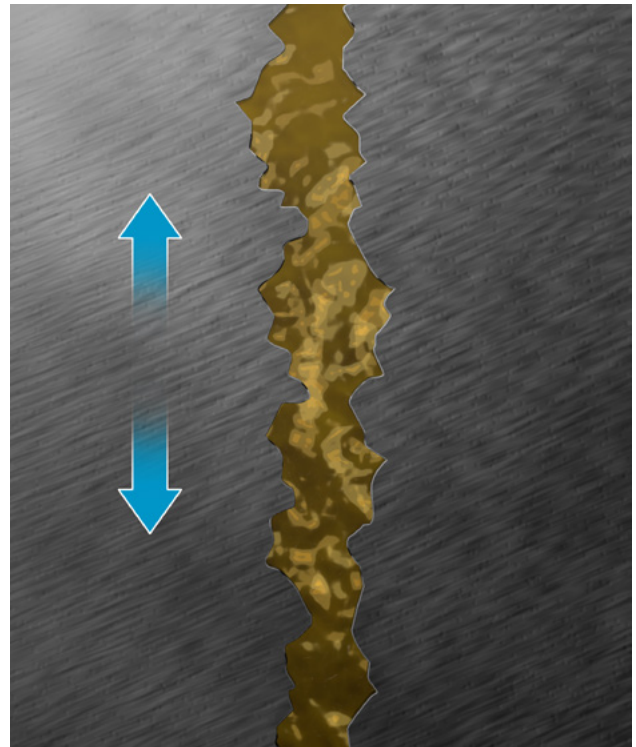


Abb. 2: ausreichend dicker Ölfilm – kein metallischer Kontakt



Abb. 3: neuer und verschlissener Ölabstreifring

Mischreibungverschleiß durch Kraftstoffüberschwemmung kommt bei Benzin- und Dieselmotoren gleichermaßen vor.

Beim Benzinmotor sind häufige Kurzstreckenfahrten (vor allem bei älteren Vergasermotoren) und Zündaussetzer die Hauptursachen. Benzinmotoren benötigen zum Anspringen und in der Warmlaufphase eine sehr viel höhere Kraftstoffmenge als im betriebswarmen Zustand. Bei häufigem Kurzstreckenbetrieb kann unter Umständen der an der Zylinderwand kondensierte und anhaftende Kraftstoff nicht verdampfen und verbindet sich mit dem Motoröl. Dadurch kommt es zur Ölverdünnung und aufgrund des Viskositätsverlustes des Motoröls zur Mischreibung. Beim Benzinmotor kommt es auch durch fehlerhafte Zündkerzen oder Zündspulen zur Kraftstoffüberschwemmung, da sich der Kraftstoff nicht entzündet und dadurch nicht verbrannt wird.

Bei Dieselmotoren entzündet sich die eingespritzte Kraftstoffmenge an der hoch verdichteten Luft im Verbrennungsraum. Bei fehlender Kompression (schlechte Füllung) oder bei schlechter Kraftstoffqualität kommt es zum Zündverzöger, zu unvollständiger Verbrennung und zur Ansammlung flüssigen Kraftstoffs im Verbrennungsraum.

Weitere Gründe für Kraftstoffüberschwemmungen beim Dieselmotor sind

- fehlerhafte und undichte Einspritzdüsen
- Fehler an der Einspritzpumpe und deren Einstellung
- fehlerhaft verlegte und befestigte Einspritzleitungen (Schwingungen)
- mechanische Fehler (Kolbenanschlag am Zylinderkopf) durch falsches Kolbenüberstandsmaß, verursacht durch Nacharbeit an Dichtflächen und der Verwendung von Zylinderkopfdichtungen mit falscher Dicke
- schlechte Füllung durch verstopfte Luftfilter
- schlechte Füllung durch defekte oder verschlissene Turbolader
- schlechte Füllung durch verschlissene oder gebrochene Kolbenringe
- schlechte Kraftstoffqualität (schlechte Selbstentzündung und unvollständige Verbrennung)



ACHTUNG

Auch bei dieser Art von Schaden muss unterschieden werden, ob der Verschleiß nur an bestimmten oder an allen Zylindern vorliegt. Bei Schäden an allen Zylindern kommt dafür eher eine globale Ursache, wie schlechte Kraftstoffqualität oder eine schlechte Füllung in Betracht. Bei einzelnen Zylindern sind eher fehlerhafte Einspritzdüsen, Einspritzleitungen, Zündkerzen oder die Hochspannungsleitungen die in Frage kommenden Verursacher.

2.6.6 KOLBENRINGBRÜCHE

Kolbenringbrüche entstehen entweder durch exzessiven Verschleiß, durch Ringflattern oder durch Fehler bei der Montage der Ringe.

Brüche im Betrieb der Kolbenringe treten ohne extreme Betriebsbedingungen nicht auf. Beim Aufziehen der Ringe auf den Kolben ist die mechanische Belastung sehr viel höher als im Betrieb. Die Kolbenringe müssen zum Überziehen auf den Kolben weit mehr Biegespannung aushalten als beim Einbau in den Zylinder. Ein Ring mit Gefüge- bzw. Materialfehlern würde bereits beim Aufziehen brechen.

Wenn gebrochene Kolbenringe unmittelbar nach einer Kolbenreparatur in einem Motor gefunden werden, wurden diese meist durch unsachgemäßen Kolbeneinbau oder durch fehlerhafte Einbauwerkzeuge vorgeschädigt oder zerbrochen. Ringe können im Betrieb nach längerer Laufzeit brechen. Dies geschieht, wenn die radiale oder axiale Wandstärke durch

Verschleiß bereits erheblich abgenommen hat. Meistens kommt der Ring aufgrund des stark erhöhten Ringhöhenspiels ins Flattern und kann der Belastung, die auf ihn einwirkt, nicht mehr widerstehen. Der Ring bricht dabei meist in viele kleine Bruchstücke.

Ringe müssen aber nicht zwangsweise eine Schwächung der Materialdicke erlitten haben, um zu brechen. Wenn es im Betrieb zu Verbrennungsstörungen kommt, können Ringe aufgrund der hohen Belastung brechen, ohne dass diese verschlissen sind. Auch unbeabsichtigtes Eindringen von Wasser oder Öl in den Verbrennungsraum kann zu Ringbrüchen führen. Flüssigkeiten lassen sich nicht komprimieren. Wenn die Menge der Flüssigkeit das Volumen des Verdichtungsraumes übersteigt, muss sich die Flüssigkeit entweder am Kolben vorbeidrücken oder aber der Kolben bzw. die Kolbenringe brechen. Ebenso kann sich auch die Pleuelstange verbiegen oder die Zylinderwand/Zylinderlaufbuchse brechen.



Gebrochener Kolbenring

Abb. 1: Ringflattern durch mechanischen Kontakt von Kolben und Zylinderkopf

RADIALES RINGFLATTERN

Durch eine übermäßige Zunahme des Gasdrucks an der Ringlauffläche während der Verbrennung (Abb. 2) wird das Kräfteverhältnis kurzzeitig gestört, der Kolbenring hebt von der Lauffläche ab und kann nicht mehr richtig Abdichten. Die stetige Wiederholung des Vorgangs führt zum Flattern des Kolbenrings.

Gründe für radiales Ringflattern

- verschlissene Kolbenringe (Abnahme der radialen Wanddicke) und damit verbunden ein Verlust der Anpresskraft des Kolbenringes an der Zylinderwand sowie eine verminderte Ringsteifigkeit
- unrunde Zylinderbohrungen und damit verbundenes, vermehrtes Eindringen von Verbrennungsdruck in den Dichtspalt zwischen Kolbenringlauffläche und Ringspalt
- Kolbenschräglauf durch verbogene Pleuelstangen: Der Ring beschreibt durch den Schräglauf innerhalb der Zylinderbohrung eine leicht ovale Bahn. Somit dringt an der einen Zylinderseite, wo der Kolben weniger anliegt, vermehrt Verbrennungsgas in den Feuerstegbereich und zwischen Kolbenring und Zylinderwand
- an der Lauffläche des Kolbenringes vorhandener exzessiver, balliger Verschleiß durch zu großes Ringhöhlenspiel
- beschädigte Ringkanten, die durch eine fehlerhafte Honung (Blechmantelbildung) entstanden sind: Der Ring ist an den Ringkanten aufgerissen und ausgefranst (hauptsächlich bei einfachen Gussringen ohne Laufflächenbeschichtung), Gas dringt in den Dichtspalt und hebt den Kolbenring von der Lauffläche ab.



Abb. 2: Gasdruck an der Ringlauffläche

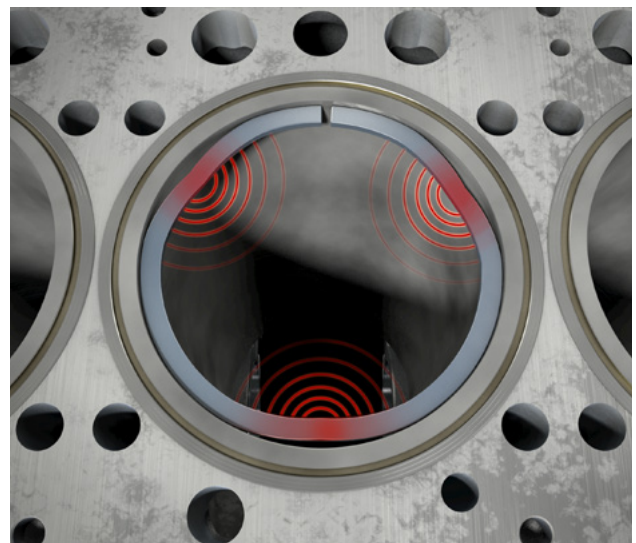


Abb. 3: Abheben des Kolbenrings von der Lauffläche

2.7 SCHMIERUNG UND ÖLVERBRAUCH

2.7.1 ALLGEMEINES

Grundsätzlich wird der Kolben beim Viertaktmotor durch Spritz- und Schleuderöl von der Kurbelwelle geschmiert. Die Kurbelwangen der Kurbelwelle tauchen im Normalfall jedoch nicht in den Ölsumpf ein. Dies würde ein Aufschäumen des Öles und Leistungsverluste bewirken. Das für die Schmierung der Zylinderwand benötigte Öl tritt bestimmungsgemäß aus den Lagerstellen von Haupt- und Pleuellagern aus. Da die Kurbelwelle rotiert, wird dieses Öl in Tröpfchenform im gesamten Kurbelraum verteilt und somit auch auf die Zylinderwand gespritzt, wenn sich der Kolben im oberen Zylinderbereich befindet.

Bei höher belasteten Motoren oder bei Motoren, an denen wenig Öl aus den Lagerungen austritt, stellt man die Schmierung der Zylinderwand sicher, indem man hohlgebohrte Pleuelstangen verwendet, die die Zylinderwand auf der Kolbendruckseite zusätzlich mit Öl anspritzen (Abb. 1). Bei Motoren, die zur besseren Wärmeabfuhr der Kolben über

eine Kolbenspritzölkühlung verfügen, sind solche Maßnahmen nicht nötig. Durch die direkte Ölkühlung läuft genug Öl innerhalb des Kolbens zurück, das auf diesem Weg die Zylinderwand schmiert.

Je nach Drehzahl, Öldruck und konstruktiven Gegebenheiten, müssen die an der Zylinderwand befindlichen Ölmengen in Tröpfchenform von den Ölabstreifringen abgestreift und verteilt werden. Um eine optimale Schmierung bei minimalem Ölverbrauch zu erreichen, darf der Schmierfilm auf der Zylinderwand lediglich 1–3 µm dick sein. Ein dünnerer Schmierfilm verursacht Mischreibung und hohen Bauteilverschleiß. Ein dickerer Schmierfilm verursacht in der Regel einen höheren Ölverbrauch. Die Ursachen, die zu einem dünnen, bzw. zu einem dicken Ölfilm führen, sind u. a. im Kapitel 1.5.5 Ballige Laufflächenformen beschrieben.



Abb. 1: Ölspritzlöcher im Pleuel garantieren die Schmierung der Lauffläche

2.7.2 MOTORÖL

Motoröl ist die wichtigste Komponente im Motor. Würden die Bauteile nicht durch Öl geschmiert und gekühlt, wäre der Betrieb eines Verbrennungsmotors, wie wir ihn heute kennen und einsetzen, nicht möglich. Das Öl trennt die Gleitpartner durch einen dünnen Ölfilm und verhindert durch Schmierung die metallische Reibung und damit Verschleiß zwischen den Gleitpartnern. Das Motoröl hat zudem die Aufgabe des Wärme- und Schmutztransports innerhalb des Motors.

Wichtige Aufgaben von Motoröl

- Schmierung (Trennung der sich gegeneinander bewegenden Metallflächen)
- Kühlung (Wärmeableitung)
- Schmutzabtransport
- Stabilität gegenüber Scherwirkungen (z. B. von scharfen Kolbenringkanten verursacht)
- Abdichten des Brennraums zum Kurbelgehäuse und der Ansaug- und Abgaskanäle über die Ventilführungen zum Ventiltrieb
- Einbindung von festen Fremdstoffen, Staub, Abrieb und Verbrennungsprodukten wie Ruß oder Asche
- Korrosionsschutz der Motorenteile gegenüber aggressiven Verbrennungsprodukten durch Bildung von Schutzschichten auf der Metalloberfläche
- Neutralisation von sauren Verbrennungsprodukten durch chemische Umwandlung
- Übertragung von Kräften in hydraulischen Kettenspannern und Ventilstößeln
- Reinhaltung der Motorenteile durch Ablösen von Verbrennungsrückständen und Alterungsprodukten des Motoröls mit öllöslichen Seifen
- Verschleißschutz (der sich gegeneinander bewegenden Motorteile)
- unschädlich machen unerwünschter Verbrennungsprodukte





Motoröl besteht aus einem Grundöl und Additiven. Um die Eigenschaften des Grundöles zu verbessern, werden dem Öl Additive zugesetzt. Der Gehalt an Additiven und deren Zusammensetzung ergibt sich aus den Anforderungen, die an das Öl gestellt werden.

Die Additive bewirken oder nehmen Einfluss auf z. B.

- Viskosität und Fließverhalten
- oberflächenaktives Verhalten
- Neutralisationsvermögen
- Neutrales Verhalten gegenüber Dichtungswerkstoffen
- geringe Schaumneigung
- lange Gebrauchsdauer, lange Ölwechselintervalle
- niedrigen Ölverbrauch
- niedrigen Kraftstoffverbrauch
- Kraftstoffverträglichkeit
- Umweltverträglichkeit

Motoröl verbraucht sich durch Alterung und Kontamination. Die Additive im Öl werden verbraucht und aggressive Verbrennungsprodukte und Schmutz verunreinigen das Öl. Teilweise wird die Ölalterung durch hohe Temperaturen verursacht.

Motoröl besteht aus langkettigen Kohlenwasserstoffmolekülen. Die Viskosität des Öls wird dabei durch die Länge der Molekülketten bestimmt. Lange Moleküle haben eine höhere Viskosität als kurze. Die langen Molekülketten werden im Motorbetrieb durch Schereinflüsse in kürzere Stücke zerhackt. Das beeinflusst die Viskosität und die Schmiereigenschaften negativ. Das Öl ist in Extremsituationen dann weniger widerstandsfähig und nicht mehr in der Lage, die gewünschten Schmiereigenschaften sicherzustellen.

Es ist zwecklos, das Motoröl durch spezielle, außermotorische Filtermaßnahmen einer Feinfilterung zu unterziehen, um dadurch möglichst viele Schmutzpartikel zu entfernen. Das Öl selbst wird zum Problem und nicht der mitgeführte Schmutz. Anmerkung: In einigen Ländern wird das Öl durch Tücher gefiltert und danach wieder verkauft.

Durch den Verbrennungsprozess werden Säuren und andere Schadstoffe gebildet, die das Öl nach und nach zersetzen. Große Hitzeeinwirkung lässt zudem einen Teil der niedrig siedenden Ölbestandteile verdampfen, so dass auch hier eine Änderung in der Zusammensetzung eintritt. Der Einsatz von sogenannten Feinstfiltern, die eine lebenslange Ölverwendung ohne Ölwechsel versprechen, ist daher fraglich.

Es müssen ohnehin immer wieder Öl und auch teuer zu erstehende Additive nachgefüllt werden, weil bei jedem Motor ein natürlicher Ölverbrauch vorliegt und früher oder später kein Öl mehr im Motor wäre. Der Einbau solcher Zusatzsysteme dürfte für den Besitzer des Fahrzeuges daher wirtschaftlich kaum sinnvoll sein.

Zusammenfassung

Sowohl das Grundöl als auch die Additive verbrauchen sich mit der Zeit, so dass das Öl in regelmäßigen Abständen erneuert werden muss (Ölwechsel). Durch den Ölwechsel und Filterwechsel werden die schädlichen Verbrennungsprodukte aus dem Motor entfernt und unschädlich gemacht. Das frische Öl schmiert und reinigt besser und bietet erneute Reserven gegen alle schädlichen Einflüsse, denen das Öl ausgesetzt ist.



2.7.3 ÖLVERBRAUCH ALLGEMEIN

Unter Ölverbrauch versteht der Fachmann die Menge an Öl, die in den Verbrennungsraum gelangt und dort verbrennt. Nicht jedoch Öl, das sich den Weg durch Dichtungen bahnt und außen am Motor abtropft. In diesem Fall spricht man von Ölverlust nicht von Ölverbrauch.

Hauptursachen für Ölverbrauch sind

- Fehler am Turbolader (defekte Lager, verstopfte Ölrücklaufleitungen)
- Fehler an mechanischen Einspritzpumpen (verschlissene Pumpenelemente)
- verschlissene Ventilschaftabdichtungen und Ventilführungen
- Fehler am Dichtsystem Kolben-Kolbenring-Zylinderbohrung (siehe nächstes Kapitel)



HINWEIS

Weitere Informationen finden Sie in der Broschüre „Ölverbrauch und Ölverlust“



2.7.4 ÖLVERBRAUCH DURCH KOLBEN-KOLBENRING-ZYLINDERBOHRUNG

NORMALER ODER KONSTRUKTIONSBEDINGTER ÖLVERBRAUCH

Öl, das vom Kurbelraum an Kolben-Kolbenring-Zylinderbohrung vorbei in den Verbrennungsraum gelangt, wird verbrannt und führt zu Ölverbrauch. Aufgrund der Konstruktion des Verbrennungsmotors und des Dichtsystems Kolben-Kolbenring-Zylinderbohrung kommt es beim Motorbetrieb naturgemäß zu einem gewissen „normalen“ Ölverbrauch.

Das Motoröl befindet sich in Form eines dünnen Ölfilms (ca. 1–3 µm dick) auf der Zylinderwand und ist bei der Abwärtsbewegung des Kolbens im Arbeitstakt der heißen Verbrennung ausgesetzt. Es kommt durch die heißen Verbrennungsgase bei jedem Arbeitstakt zum Verdampfen und auch zur Verbren-

nung kleiner Mengen Öl, die sich dann über längere Zeit als Ölverbrauch bemerkbar machen. Weiterhin kommt es durch die Bewegungsumkehr des Kolbens im oberen Totpunkt und den dabei auftretenden Massenkräften zu einem Abschleudern des Öles von den Kolbenringen. Diese Ölmenge wird bei der Verbrennung des nächsten Arbeitstaktes mitverbrannt.

ERHÖHTER UND ÜBERMÄSSIGER ÖLVERBRAUCH

Übermäßiger Ölverbrauch, welcher alleine durch das Dichtsystem Kolben-Kolbenring-Zylinderbohrung verursacht wird, ist immer auf Gründe zurückzuführen, für welche die Kolbenringe nicht primär verantwortlich sind. Die Kolbenringe sind zwar beteiligt, aber nicht die Verursacher.

Gründe für überhöhten Ölverbrauch, die durch schlechte Dichtwirkung der Kolbenringe verursacht werden, sind

- verschlissene Ringe (Abnahme der radialen und axialen Wanddicken)
- falsche Honung
- abrasiver Verschleiß durch Schmutz (Kapitel 2.6.4 Schmutz)
- ovale Zylinder und/oder unrunde Zylinder (siehe auch Kapitel 2.3.5 Zylindergeometrie und Rundheit)
- verschlissene Kolben (Ringnuten) durch Schmutz und lange Laufzeit
- verschlissene Zylinder (unrund, poliert, verzogen)
- Kolbenschieflauf durch verbogene Pleuelstangen (siehe Kapitel 2.6.1 Schieflauf von Kolben)
- falsche Ölspezifikation
- verbrauchtes und überaltertes Öl
- Mischreibung durch Kraftstoffüberschwemmung (siehe Kapitel 2.6.5 Kraftstoffüberschwemmung)
- Ringflattern (siehe Kapitel 2.6.7 Ringflattern)
- zerkratzte Dichtflächen (Nutunterflanken) durch unsachgemäße Reinigung der Ringnuten
- in den Ringnuten klemmende Ringe durch Schmutz, Ölkohle oder durch verbogene Ringe (unsachgemäßes Handling)
- fehlendes Nutgrundspiel durch falsche Ringe oder Verkokungen (falsche Ölspezifikation)
- falsche Ringbestückung, falsche Ringhöhen, falsche radiale Wanddicke, falsche Form (Rechteckring in Trapeznut und umgekehrt)
- fehlerhafter Einbau von Ölabstreifringen (Fehleinbau der Expanderfeder)

2.7.5 BESTIMMUNG VON ÖLVERBRÄUCHEN (VERGLEICHSGRÖSSEN)

Der Ölverbrauch kann auf verschiedene Arten quantifiziert werden. Im Motorentestbetrieb auf dem Prüfstand wird der Ölverbrauch in Gramm pro Kilowattstunde angegeben. Gute Dichtsysteme erreichen dabei Ölverbräuche von 0,5 bis 1 g/kWh. Diese Art der Quantifizierung eignet sich für den Praxisbetrieb nicht, da weder der Ölverbrauch grammgeneu festgestellt, noch die Leistung im Fahrbetrieb gemessen werden kann.

Aus diesem Grund wird der Ölverbrauch häufig in Liter/1.000 km oder in Prozent vom Kraftstoffverbrauch angegeben. Letzteres hat sich dabei jedoch durchgesetzt, da diese viel genauer ist als die Angabe in Liter pro 1.000 km. Der Grund hierfür liegt darin, dass Motoren auch stationär eingesetzt werden und Fahrzeugmotoren zum Teil erhebliche Leerlaufzeiten haben (Stau, Ampelwartezeiten, Ladevorgänge, Betrieb der Klimaanlage). Hinzu kommen Zeiten, in denen der Motor zum Betrieb von Hilfsaggregaten wie Ladekränen oder im Pumpenbetrieb weiter betrieben werden muss, ohne dass das Fahrzeug auch nur einen Kilometer zurücklegt.



2.7.6 WANN LIEGT ÜBERHÖHTER ÖLVERBRAUCH VOR?

Die Meinungen, wann ein erhöhter Ölverbrauch vorliegt, gehen in der Praxis und von Land zu Land weit auseinander. Eine weit verbreitete Annahme oder Erwartung, dass ein Motor kein Öl verbraucht, bzw. verbrauchen darf, ist jedoch aus den oben genannten Gründen grundsätzlich falsch.

Jeder Motorenhersteller hat für jeden seiner Motoren Richt- oder Grenzwerte für Ölverbrauch. Wird ein erhöhter Ölverbrauch vermutet, dann ist beim jeweiligen Motorenhersteller der Richt- oder Grenzwert für den Ölverbrauch in Erfahrung zu bringen. Werkstatthandbücher und Betriebsanleitungen geben in vielen Fällen ebenfalls Auskunft über den Ölverbrauch eines Motors.

Liegen keine genauen Ölverbrauchsangaben seitens des Motorenherstellers vor, kann bei Nkw mit 0,25 % bis 0,5 % Ölverbrauch, bezogen auf den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch, gerechnet werden. Bei kleinen Pkw-Motoren darf es noch etwas weniger sein. Hier liegt der Ölverbrauch bei 0,1 % bis 0,5 % vom Kraftstoffverbrauch.

Prinzipbedingt verbrauchen Dieselmotoren mehr Motoröl als Benzinmotoren. Motoren mit Turbolader benötigen aufgrund der Turboladerschmierung ebenfalls mehr Öl als Motoren ohne Turbolader.

Es ist jedoch klar, dass der Ölverbrauch nach der Einlaufphase am niedrigsten ist und der Verbrauch im Laufe des Motorlebens ansteigt. Die Minimalwerte sind daher eher für neue Motoren zu sehen und die Maximalwerte für Motoren, die bereits 2/3 ihrer Lebensdauer überschritten haben. Auch bei Motoren, bei denen nur Teilreparaturen vorgenommen wurden (z. B. der Austausch von Kolben, oder nur Kolbenringen), darf nicht erwartet werden, dass der Maximalwert unterschritten werden kann. Allzu oft ist das Gegenteil der Fall. Alle Teile eines Motors verschleifen gleichermaßen. Wenn nur 10 % davon erneuert werden, wird die Verbesserung, die man sich durch eine Teilreparatur erhofft, im Idealfall auch nur 10 % betragen.



BERECHNUNGSBEISPIEL NKW

Ein Nkw verbraucht auf 100 km etwa 40 Liter Kraftstoff. Auf 1000 km sind das hochgerechnet 400 Liter Kraftstoff.

- 0,25 % von 400 Litern Kraftstoff sind 1 Liter Ölverbrauch.
- 0,5 % von 400 Litern Kraftstoff sind 2 Liter Ölverbrauch.



BERECHNUNGSBEISPIEL PKW

Ein Pkw verbraucht auf 100 km etwa 8 Liter Kraftstoff. Auf 1000 km sind das 80 Liter Kraftstoff.

- 0,1 % von 80 Litern Kraftstoff sind 0,08 Liter Ölverbrauch.
- 0,5 % von 80 Litern Kraftstoff sind 0,4 Liter Ölverbrauch.

2.7.7 DEFINITION UND UMGANG MIT ÖLVERBRAUCH

MAN MUSS BEIM ÖLVERBRAUCH ZWISCHEN VERSCHIEDENEN ANGABEN UNTERSCHIEDEN

NORMALER ÖLVERBRAUCH

Der Ölverbrauch liegt innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Mengenangaben, bzw. innerhalb der im vorigen Kapitel angegebenen Werte. Es liegt kein Mangel oder Beanstandungsgrund vor.

ERHÖHTER ÖLVERBRAUCH

Der Ölverbrauch beträgt bei Nkw ca. das Doppelte bis Dreifache des normalen Ölverbrauchs. Bei Pkw-Motoren ca. 0,5 bis 1 Liter/1.000 km. Der Motor läuft normal und zeigt nicht unbedingt Anzeichen von Blaurauch aus dem Auspufftrakt.

Vorkommen

Fahrzeuge, die bereits 2/3 der normalen Motorlebensdauer überschritten haben. Auch neue, reparierte und überholte Motoren, die sich noch in der Einlaufphase befinden. Motoren, die unter ungünstigen Bedingungen (heiße Umgebungstemperaturen, häufiger Kurzstreckenbetrieb, Leerlaufbetrieb, Anhängerbetrieb, etc.) betrieben werden.

Abhilfemaßnahmen

Nicht oder nicht unbedingt notwendig, jedoch Beobachtung und regelmäßige Ölstandskontrolle/Ölergänzung sind notwendig, um den Ölstand im Betrieb nicht unter Minimum sinken zu lassen. Gegebenenfalls sollte nachgeforscht werden, wodurch der erhöhte Ölverbrauch verursacht wird. Neben dem Motor selbst kommen auch Nebenaggregate wie Turbolader, mechanische Einspritzpumpen und Unterdruckpumpen in Betracht oder aber eine gleichmäßige Verteilung auf alle Nebenaggregate. Gegebenenfalls lässt sich der Ölverbrauch durch gezielte Reparaturen wieder verbessern. Liegt ein Schaden an einem der Nebenaggregate vor, der erheblich zum Ölverbrauch beiträgt, dürfte auch der Ölverbrauch sprunghaft gestiegen sein.

Derartige Sprünge im Ölverbrauch sind beim normalen Verschleiß der Bauteile jedoch nicht zu erwarten. Fehler in der Gemischaufbereitung/Kraftstoffeinspritzung, die sich in Schwarzauch aus dem Auspufftrakt äußern, tragen ebenfalls erheblich zum Kolben- und Zylinderverschleiß und damit zu erhöhtem Ölverbrauch bei und sollten unbedingt behoben werden.

EXZESSIVER ÖLVERBRAUCH

Der Ölverbrauch beträgt beim Pkw mehr als 1,5 Liter, bei schweren Nkw mehr als 5 Liter. Der Ölverbrauch macht sich nicht nur am Ölmesstab, sondern auch bereits visuell in Form von Blaurauch (besonders nach Schiebebetrieb) bemerkbar. Die Menge des nachgefüllten Öles verursacht nicht unerhebliche Mehrkosten, die eine gründliche Inspektion, Reparatur oder Überholung des Aggregates notwendig werden lassen.

Vorkommen

Bei völlig verschlissenen Motoren und Motoren, die fehlerhaft oder unzureichend überholt wurden. Bei Motorschäden wie Kolbenfressern, Kolbenbrüchen, Turboladerschäden, Zylinderkopfschäden oder beim Ausfall sonstiger ölgeschmierter Nebenaggregate.



2.7.8 ÖLSTAND UND ÖLVERBRAUCH RICHTIG PRÜFEN UND FESTSTELLEN

ÖLSTANDSMESSUNG

Oft entstehen Ablesefehler bei der Ölstandskontrolle, die zur Fehlinterpretation des tatsächlichen Ölverbrauchs führen. Das Fahrzeug muss auf ebener Fläche stehen und das Öl muss nach dem Abstellen des Motors fünf Minuten Zeit bekommen, um zurück in die Ölwanne zu gelangen und richtig abzutropfen. Der Ölmesstab wird nach dem Ziehen nach unten gehalten, damit das Öl nicht rückwärts den Stab herunterläuft und den Messwert verfälscht.

Sollte wirklich Öl fehlen, wird langsam und in kleinen Mengen (in Schritten zu 0,1 Liter) Öl nachgefüllt. Wird zu schnell und zu viel Öl aufgefüllt, ist der Ölstand anschließend zu hoch. Wenn die Kurbelwelle aufgrund des zu hohen Ölstandes in den Ölsumpf eintaucht, wird das Öl aufgewirbelt, herumgeschleudert und vermehrt in Tröpfchenform zur Motorentlüftung hinausbefördert. Da die Motorentlüftung im Ansaugtrakt angeschlossen ist, wird das Öl in den Verbrennungsraum geleitet, wo es verbrennt.

Bei der Befüllung eines Motors nach dem Ölwechsel wird nicht die angegebene Füllmenge eingefüllt, sondern ebenfalls nur bis zur Minimalmarke aufgefüllt. Danach wird der Motor gestartet, bis der Öldruck aufgebaut ist. Nach dem Abstellen wird dem Öl dann wieder ein paar Minuten Zeit gegeben, um in die Ölwanne zurückzufließen. Erst dann wird nochmals der Ölstand gemessen und die Ölmenge bis zur Maximalmarke aufgefüllt.

ÖLVERBRAUCHSMESSUNG AUF DER STRASSE

- Ölstand richtig messen und bis Maximumstand auffüllen.
- Fahrzeug 1.000 km betreiben und dabei auch den Kraftstoffverbrauch dokumentieren.
- Ölstand nach 1.000 km wieder messen und bis zur Maximalmarke auffüllen. Die nachgefüllte Menge ist dann der Ölverbrauch auf 1.000 km.
- Die alternative und genauere Methode ist, die nachgefüllte Ölfüllmenge in das Verhältnis zu setzen und mit den oben genannten Werten zu vergleichen.
- Ein Ablassen und Messen des Öles vor und nach der Messfahrt hat sich in der Praxis nicht bewährt. Die Messverfälschungen durch die Ölverluste durch Auffanggefäße und dergleichen stehen einer präzisen Messung entgegen.

ÖLFÜLLMENGEN

Besonders vorsichtig muss mit den Ölfüllmengen umgegangen werden, die im Handbuch oder in der Betriebsanleitung angegeben sind. Oftmals wird nicht nach Erstbefüllmenge (für den trockenen, ölfreien Motor) und nach Wechselmenge (mit/ohne Ölfilterwechsel) unterschieden.

Fakt ist, beim Ölwechsel bleibt eine gewisse Menge Öl im Motor zurück (in Leitungen, Kanälen, Ölkühlern, Ölpumpe, Aggregaten und an Oberflächen haftend). Wird beim Ölwechsel dann die Erstbefüllmenge eingefüllt, ist der Ölstand viel zu hoch. Aber auch der umgekehrte Fall kann eintreten. Die Wechselmenge ist zu niedrig angegeben. Wenn der Motor gestartet wird, fehlt anschließend Öl. Wenn nicht richtig aufgefüllt und nicht mehr kontrolliert wird, dann wird dies allzu oft als Ölverbrauch gedeutet. Achten Sie in jedem Fall auch auf die richtige Viskosität des Öls. Niedrig viskoses Öl (dünn) verbraucht sich schneller als höher viskoses Öl. Verwenden Sie nur vorgeschriebenes und vom Motorenhersteller freigegebenes Öl.

2.7.9 ÖLVERBRAUCHSBEANSTANDUNGEN UND ABHILFE

Beanstandungen wegen zu hohem Ölverbrauch sollten fairerweise nur dann gemacht werden, wenn das Fahrzeug vorschriftsmäßig gewartet und die Inspektionsintervalle stets eingehalten wurden. Ebenfalls müssen die richtigen Ersatzteile und auch das vorgeschriebene Motoröl verwendet worden sein. Erhöhter Ölverbrauch tritt nicht plötzlich auf. Ein Motor läuft auch mit höherem Ölverbrauch anstandslos weiter. Wartungssünden und der dadurch verursachte höhere Verschleiß treten oft nur bei älteren Fahrzeugen auf. Das bei der Wartung des Motors gesparte Geld, bezahlt man letztendlich doch durch einen erhöhten Ölverbrauch und früher eintretende Reparaturen.

Der Erfolg von Reparaturen zur Beseitigung von überhöhtem Ölverbrauch hängt in hohem Maße vom Zeit- und Materialaufwand ab. Der Fahrzeugbesitzer oder Reparaturbetrieb bestimmt damit selbst, wie gut das Reparaturergebnis sein wird. Sicher ist jedoch: Durch den alleinigen Einbau von neuen Kolbenringen lässt sich ein verschlissener Motor noch eine Weile weiter betreiben. Eine Verbesserung des Ölverbrauchs wird sich jedoch nicht mehr einstellen.



KNOW-HOW TRANSFER

FACHWISSEN VOM EXPERTEN

WELTWEITE SCHULUNGEN

Direkt vom Hersteller

Jährlich profitieren rund 4.500 Mechaniker und Techniker von unseren Schulungen und Seminaren, die wir weltweit vor Ort oder auch in unseren Schulungszentren in Neuenstadt, Dormagen und Tamm (Deutschland) durchführen.

TECHNISCHE INFORMATIONEN

Aus der Praxis für die Praxis

Mit unseren Produkt Informationen, Service Informationen, technischen Broschüren und Postern sind Sie immer auf dem neuesten Stand der Technik.

TECHNISCHE VIDEOS

Wissensvermittlung per Video

In unseren Videos finden Sie praxisbezogene Einbauhinweise und Systemerklärungen rund um unsere Produkte.



PRODUKTE IM FOKUS ONLINE

Unsere Lösungen anschaulich erklärt

Erfahren Sie durch interaktive Elemente, Animationen und Videoclips Wissenswertes über unsere Produkte im und um den Motor.

ONLINESHOP

Ihr direkter Zugang zu unseren Produkten

Bestellen rund um die Uhr. Schnelles Prüfen der Verfügbarkeit. Umfangreiche Produktsuche über Motor, Fahrzeug, Abmessungen usw..

NEWS

Regelmäßige Informationen per E-Mail

Melden Sie sich jetzt online zu unserem kostenlosen Newsletter an und Sie erhalten regelmäßige Informationen über Produktneuaufnahmen, technische Publikationen und vieles mehr.

INDIVIDUELLE INFORMATIONEN

Speziell für unsere Kunden

Von uns erhalten Sie umfangreiche Informationen und Services zu unserem breiten Leistungsspektrum: wie z. B. personalisierte Verkaufsförderungsmaterialien, Verkaufsunterstützungen, technischen Support und vieles mehr.



TECHNIPEDIA

Technische Informationen rund um den Motor

In unserer Technipedia teilen wir unser Know-how mit Ihnen. Hier finden Sie Fachwissen direkt vom Experten.

MOTORSERVICE APP

Mobiler Zugang zu technischem Know-how

Hier erhalten Sie schnell und einfach die aktuellsten Informationen und Services rund um unsere Produkte.

SOCIAL MEDIA

Immer aktuell





HEADQUARTERS:**MS Motorservice International GmbH**

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com

MS Motorservice Deutschland GmbH

Rudolf-Diesel-Straße 9

71732 Tamm, Deutschland

Telefon: +49 7141 8661-455

Telefax: +49 7141 8661-450

www.ms-motorservice.de



4 028977 630613

www.rheinmetall.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 958-01 – DE – 11/18 (112018)