



KOLBENSCHMIDT



WISSENSWERK

**KOLBENSCHÄDEN –
ERKENNEN UND BEHEBEN**

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

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.



DAS THEMA

Diese Broschüre gibt einen Einblick in die verschiedenen Schäden an Kolben, Zylinderlaufflächen und Zylinderlaufbuchsen. Sie gibt dem Fachmann Hilfe bei der Diagnose und Ursachenermittlung und vermittelt dem Laien Grundkenntnisse.

Um die nicht immer eindeutigen Schadensursachen zu identifizieren, ist bei der Beurteilung von Motorschäden eine ganzheitliche Betrachtungsweise erforderlich. Nicht selten kommt es nach einer Motorreparatur erneut zu Ausfällen, weil die beschädigten Bauteile zwar ersetzt, aber nicht die Schadensursachen beseitigt wurden. Zur Beschreibung des Schadenshergangs wird dem Fachmann, ohne weitere Angaben zu Laufzeit oder Ausmaß des Schadens, oft nur ein einzelnes, defektes Teil zur Verfügung gestellt. So kann jedoch keine schadenspezifische, sondern nur eine allgemeine Diagnose erfolgen.

HILFESTELLUNGEN

Schäden zu erkennen ist nicht immer leicht. Insbesondere auf Fotos sind die Schäden oftmals schwer zu identifizieren. Daher wurden jede Schadensart mit einem Schadenspiktogramm ergänzt (Abb. 1). Die Piktogramme helfen die Schäden auf den Fotos genauer zu identifizieren. Es handelt sich nicht um eine 1:1 Darstellung des betreffenden Schadens, sondern um Beispiele, die teilweise mit Zusatzinformationen ergänzt wurden. Schäden mit charakteristischen Spuren an verschiedenen Stellen oder Teilen, sind durch mehrere Piktogramme beschrieben.

Im Anhang dieser Broschüre finden Sie ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken.



Abb. 1



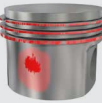
INHALT	SEITE
1. SCHNELLDIAGNOSE	6
2.1 SPIELFRESSER	10
2.1.1 Allgemeines über Spielfresser	10
2.1.2 Spielfresser am Kolbenschaft	11
2.1.3 45°-Fresser	12
2.1.4 Spielfresser am unteren Schaftende	14
2.2 TROCKENLAUFFRESSER	15
2.2.1 Allgemeines über Trockenlauffresser	15
2.2.2 Trockenlauffresser am Kolbenschaft	16
2.2.3 Einseitiger Kolbenschaftfresser ohne Gegendruckstellen	17
2.2.4 Trockenlaufreiber durch Kraftstoffüberschwemmung	18
2.2.5 Kolbenkopffresser an Dieselskolben	19
2.2.6 Trockenlauffresser durch brandige Kolbenringe	20
2.3 ÜBERHITZUNGSFRESSER	22
2.3.1 Allgemeines zum Überhitzungsfresser	22
2.3.2 Überhitzungsfresser mit Schwerpunkt am Kolbenkopf	23
2.3.3 Überhitzungsfresser mit Schwerpunkt am Kolbenschaft	24

INHALT	SEITE
2.4 VERBRENNUNGSSTÖRUNGEN	25
2.4.1 Allgemeines über Kolbenschäden durch Verbrennungsstörungen	25
2.4.2 Abschmelzungen von Kolbenkopf und Kolbenschaft (Ottomotor)	29
2.4.3 An- und Abschmelzungen am Kolbenkopf (Dieselmotor)	30
2.4.4 Kolbenboden- und Muldenrisse (Dieselmotor)	32
2.4.5 Ringstegbrüche	34
2.4.6 Anschlagspuren am Kolbenkopf (Dieselmotor)	36
2.4.7 Loch im Kolbenboden (Ottomotor)	38
2.4.8 Kolbenkopffresser durch falsche Kolben (Dieselmotor)	40
2.4.9 Erosion am Feuersteg und auf dem Kolbenboden (Ottomotor)	42
2.5 KOLBEN- UND KOLBENRINGBRÜCHE	44
2.5.1 Allgemeines über Kolbenbrüche	44
2.5.2 Kolbenbruch in der Kolbenbolzennabe	45
2.5.3 Kolbenbruch durch Anlauf des Kolbenbodens gegen den Zylinderkopf	46
2.5.4 Materialauswaschung im Kolbenringbereich (Kolbenringbruch)	48
2.6 KOLBENBOLZENBRÜCHE	50
2.6.1 Allgemeines über Kolbenbolzenbrüche	50
2.6.2 Gebrochener Kolbenbolzen	51
2.7 SCHÄDEN AN DEN KOLBENBOLZEN-SICHERUNGEN	52
2.7.1 Allgemeines über Schäden an den Kolbenbolzensicherungen	52
2.7.2 Kolbenschäden durch gebrochene Kolbenbolzensicherungen	53

INHALT	SEITE
2.8 FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN	56
2.8.1 Allgemeines über Fresser in den Kolbenbolzennaben	56
2.8.2 Fresser in den Kolbenbolzennaben (schwimmend gelagerter Kolbenbolzen)	57
2.8.3 Fresser in den Kolbenbolzennaben (Schrumpfleuel)	58
2.8.4 Fresser in den Kolbenbolzennaben (mit Kolbenschaftfresser)	59
2.9 KOLBENGERÄUSCHE	60
2.9.1 Allgemeines über Kolbengeräusche	60
2.9.2 Radiale Anschlagstellen am Feuersteg	61
2.10 ZYLINDER UND ZYLINDERLAUFBUCHSEN	62
2.10.1 Längsrisse an Zylinderlaufbuchsen	63
2.10.2 Abgerissener Bund an der Zylinderlaufbuchse	64
2.10.3 Kavitation an Zylinderlaufbuchsen	66
2.10.4 Ungleichmäßiger Laufflächenverschleiß	68
2.10.5 Glanzstellen im oberen Laufflächenbereich	70
2.10.6 Zylinderlaufbuchsenriss durch Flüssigkeitsschlag	72
2.11 ÜBERHÖHTER ÖLVERBRAUCH	74
2.11.1 Allgemeines zum Ölverbrauch	74
2.11.2 Ölabstreifring Montagefehler	75
2.11.3 Verschleiß durch Schmutz	76
2.11.4 Verschleiß durch Kraftstoffüberschwemmung	78
2.11.5 Kolbenringverschleiß kurz nach der Motorüberholung	80
2.11.6 Asymmetrisches Kolbentragbild	82
3. GLOSSAR	84

1. SCHNELLDIAGNOSE

KOLBENSCHAFTSCHÄDEN

	Spielfresser am Kolbenschaft	11		45°-Fresser	12
	Einseitiger Kolbenschaftfresser ohne Gegendruckstellen	17		Überhitzungsfresser mit Schwerpunkt am Kolbenschaft	24
	Trockenlauffresser am Kolbenschaft	16		Spielfresser am unteren Schaftende	14
	Trockenlaufreiber durch Kraftstoffüberschwemmung	18		Verschleiß der Kolben, Kolbenringe und Zylinder durch Kraftstoffüberschwemmung	78

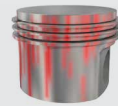
KOLBENKOPFFRESSER

	Kolbenkopffresser an Dieselkolben	19		Kolbenkopffresser durch falsche Kolben (Dieselmotor)	40
	Überhitzungsfresser mit Schwerpunkt am Kolbenkopf	23		Trockenlauffresser durch brandige Kolbenringe	20

KOLBENRINGSCHÄDEN

Trockenlauffresser durch
brandige Kolbenringe

20



Verschleiß der Kolben, Kolben-
ringe und Zylinderlaufbahn
durch Schmutz

76



Ölabstreifring Montagefehler

75



Verschleiß der Kolben, Kolben-
ringe und Zylinder durch
Kraftstoffüberschwemmung

78



Kolbenringverschleiß kurz
nach der Motorüberholung

80

**SONSTIGE SCHÄDEN IM RING- UND SCHAFTBEREICH**

Ringstegbrüche

34



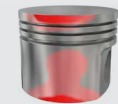
Materialauswaschung in der
Kolbenringzone (Kolben-
ringbruch)

48



Kolbenschäden durch
gebrochene Kolbenbolzen-
sicherungen

53



Radiale Anschlagstellen am
Feuersteg

61



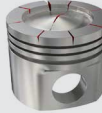
Asymmetrisches Kolbentragbild

82

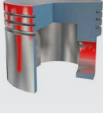
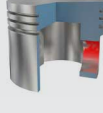


Ölverbrauchsrelevanter
Schaden

KOLBENKOPFSCHÄDEN

	Abschmelzungen von Kolbenkopf und Kolbenschaft (Ottomotor)	29		An- und Abschmelzungen am Kolbenkopf (Dieselmotor)	30
	Loch im Kolbenboden (Ottomotor)	38		Erosion am Feuersteg und auf dem Kolbenboden (Ottomotor)	42
	Kolbenbruch durch Anlauf des Kolbenbodens gegen den Zylinderkopf	46		Anschlagspuren am Kolbenkopf (Dieselmotor)	36
	Kolbenboden- und Muldenrisse (Dieselmotor)	32		Kolbenbruch in der Kolbenbolzennabe	45

KOLBENBOLZENFRESSER UND KOLBENBOLZENBRÜCHE

	Fresser in den Kolbenbolzennaben (mit Kolbenschaftfresser)	59		Fresser in den Kolbenbolzennaben (schwimmend gelagerter Kolbenbolzen)	57
	Fresser in den Kolbenbolzennaben (Schrumpfpleuel)	58		Gebrochener Kolbenbolzen	51

SCHÄDEN AN ZYLINDERLAUFBUCHSEN UND ZYLINDERBOHRUNGEN



Abgerissener Buchsenbund an der Zylinderlaufbuchse

64



Abgerissener Buchsenbund an der Zylinderlaufbuchse (Vorstufe)

64



Längsrisse in der Zylinderlaufbuchse

63



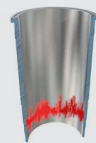
Zylinderlaufbuchsenriss durch Flüssigkeitsschlag

72



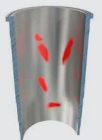
Kavitation an Zylinderlaufbuchsen

66



Spielfresser am unteren Schaftende

14



Ungleichmäßiger Laufflächenverschleiß



68



Glanzstellen im oberen Laufflächenbereich

70



Ölverbrauchsrelevanter Schaden

2.1 SPIELFRESSER

2.1.1 ALLGEMEINES ÜBER SPIELFRESSER

Das Spiel zwischen Kolben und Zylinder kann sich bei falscher Dimensionierung der Laufpartner, bei Zylinderverzügen oder auch bei thermischen Überlastungen unzulässig verringern oder ganz dezimiert werden.

Der Kolben erreicht im Betrieb wesentlich höhere Temperaturen und dehnt sich somit stärker aus als der ihn umschließende Zylinder. Zudem dehnt sich der Kolben aufgrund des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Aluminium rund doppelt so stark aus wie der meist verwendete Grauguss im Zylinder. Beide Faktoren müssen bei der Konstruktion berücksichtigt werden.

Bei abnehmendem Spiel zwischen Kolben und Zylinder kommt es zunächst zu einer Mischreibung: Der sich ausdehnende Kolben drückt den Ölfilm an der Zylinderwand weg. Dadurch werden die tragenden Oberflächen am Kolbenschaft hochglänzend blank gerieben. Durch die Mischreibung und die so entstehende Reibungswärme erhöht sich die Temperatur der Bauteile. Der Kolben drückt immer stärker gegen die Zylinderwand und der Ölfilm versagt schließlich vollständig. Es kommt zum Trockenlauf des Kolbens. Erste Anreißer mit glatter, dunkel gefärbter Oberfläche sind die Folge.

CHARAKTERISTISCHE MERKMALE EINES SPIELFRESSERS:

- Hochglänzende Druckstellen, die in glatte, dunkel verfärbte Verreibungen übergehen.
- Fressstellen sowohl auf der Druck- als auch Gegen-druckseite.

2.1.2 SPIELFRESSER AM KOLBENSCHAFT



BESCHREIBUNG

- Mehrere ähnliche Fressstellen um den Kolbenschaft.
- Fresser auf der Druck- und Gegendruckseite des Kolbenschafts, d. h. gegenüberliegende Fressstellen.
- Übergang der Oberfläche von hochglänzenden Druckstellen in dunkel verfärbte, glatte Verreibungen.
- Unbeschädigtes Ringfeld.



BEURTEILUNG

Das Spiel zwischen dem Kolbenschaft und der Zylinderlaufbahn wurde zu eng bemessen oder durch Verzüge, die möglicherweise erst im Motorbetrieb aufgetreten sind, eingengt.



HINWEIS

Im Gegensatz zum Trockenlauffresser tritt ein Spielfresser immer nach kurzer Laufzeit im Anschluss an eine Motorenüberholung auf.

MÖGLICHE URSACHEN

- Zu kleine Zylinderbohrung.
- Zu fester oder ungleichmäßiger Anzug des Zylinderkopfs (Zylinderverzug).
- Unebene Planflächen an Zylinderblock oder Zylinderkopf.
- Verschmutzte oder beschädigte Gewindebohrungen oder Zylinderkopfschrauben.
- Gefressene oder ungleichmäßig eingölte Auflageflächen der Schraubenköpfe.
- Falsche oder ungeeignete Zylinderkopfdichtungen.
- Zylinderverzüge durch ungleichmäßige Erwärmung, verursacht durch Kalkablagerungen, Schmutz oder anderen Störungen am Kühlsystem.

2.1.3 45°-FRESSER



BESCHREIBUNG

- Fressstellen auf Druck- und Gegendruckseite, ca. 45° versetzt zur Kolbenbolzenachse.
- Fressstellen gehen von hochglänzenden Druckstellen in dunkel verfärbte, relativ glatte Reiber über (Abb. 1).
- Kolbenbolzen mit blauer Anlassfarbe. (Abb. 3) Grund: Heißgelaufene Lagerung des Kolbenbolzens durch Spiel- oder Öl-mangel.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

BEURTEILUNG

Die Kolbenbolzennabe hat sich übermäßig stark erwärmt. Der dünnwandige und elastische Kolbenschaft kann auf Druck- und Gegendruckseite die höhere Wärmeausdehnung ausgleichen. Die dickwandigere Kolbenbolzennabe dehnt sich stärker aus. Es kommt zu einer Spieleinengung und zu einem Kolbenfresser. Der Schwerpunkt des Kolbenfressers befindet sich an der Anbindung der Kolbenbolzennabe an das Kolbenhemd.

MÖGLICHE URSACHEN

- Mechanische Überlastung der Pleuellagerung durch z. B. Verbrennungsstörungen.
- Fehlfunktion/Bruch der Ölspritzdüse.
- Mangelnder oder fehlender Ölpumpendruck.
- Mangelschmierung bei der Erstinbetriebnahme des Motors. Der Kolbenbolzen wurde beim Zusammenbau nicht oder nur unzureichend geschmiert.
- Ausfall der Pleuelbuchse (Festfressen des Kolbenbolzens) durch unzureichendes Spiel oder Schmiermangel.
- Montagefehler beim Einschrumpfen des Kolbenbolzens (Schrumpfleuel).

Beim Einschrumpfen ist darauf zu achten, dass unmittelbar nach dem Einsetzen des Kolbenbolzens die Bolzenlagerung nicht durch Kolbenkippbewegungen auf Freigängigkeit geprüft wird. Unmittelbar nach dem Einsetzen des kühlen Kolbenbolzens in den heißen Pleuel kommt es zum Temperatenausgleich der beiden Bauteile. Durch den Wärmeeintrag kommt es zu einer stärkeren Wärmeausdehnung des Kolbenbolzens wie im Motorenbetrieb. Wird die Lagerung in diesem Zustand bewegt, kann ein Anreiber oder Fresser entstehen. Im Motorenbetrieb kann dies zu einer Schwergängigkeit und Ausfall der Bolzenlagerung führen. Aus diesem Grund müssen montierte Bauteile vor der Freigängigkeitsprüfung erst abkühlen.

2.1.4 SPIELFRESSER AM UNTEREN SCHAFTENDE



BESCHREIBUNG

- Spielfresser mit Druck- und Gegendruckstellen an den unteren Schaftenden.
- Übergang von hochglänzenden Druckstellen in glatte, dunkel verfärbte Verreibungen (Abb. 1).
- Keine besonderen Merkmale an anderen Pleuellagerpartien.
- Fressstellen in der Pleuellagerlaufbuchse im Bereich der unteren O-Ringe (Abb. 2).



Abb. 1



Abb. 2

BEURTEILUNG

Der Pleuellagerfresser an der Pleuellagerunterkante wurde durch eine Verformung/Spieleinengung im unteren Bereich der Pleuellagerlaufbuchse verursacht.

MÖGLICHE URSACHEN

- Falsche Dichtringe: Zu dicke Dichtringe können eine Pleuellagerlaufbuchse verformen und das Pleuellagerlaufspiel reduzieren.
- Zusätzliche Verwendung von flüssigen Dichtmitteln in der Dichtringnut. Zur Abdichtung müssen sich die Dichtringe elastisch verformen können. Der hierfür benötigte Freiraum in der Nut darf nicht mit zusätzlichen Dichtmitteln aufgefüllt werden.
- Vorhandene Dichtringreste oder Schmutz in den Dichtringnuten wurde vor dem Einbau nicht entfernt.
- Wenn die Dichtringe sich beim Einführen der Pleuellagerlaufbuchse verwinden oder aus der Dichtringnut rutschen, wird die Pleuellagerlaufbuchse in diesem Bereich eingeschnürt. Um dies zu verhindern, muss bei der Pleuellagerlaufbuchsenmontage immer Gleitmittel verwendet werden.

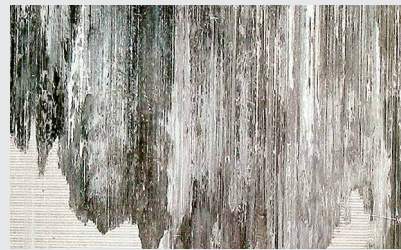
2.2 TROCKENLAUFFRESSER

2.2.1 ALLGEMEINES ÜBER TROCKENLAUFFRESSER

Trockenlauffresser können generell, d. h. auch bei ausreichendem Spiel zwischen Zylinder und Kolben auftreten. Dabei bricht der Ölfilm aufgrund der hohen Temperatur oder Kraftstoffüberschwemmung, oftmals nur örtlich begrenzt, zusammen. An diesen Stellen reiben die ungeschmierten Flächen von Kolben, Kolbenringen und Zylinderlaufbahn aneinander. Dies führt in sehr kurzer Zeit zu Fressern mit stark aufgeriebener Oberfläche.

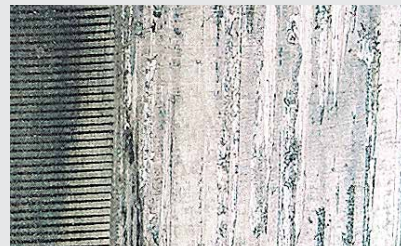
Ähnliches passiert, wenn sich zwischen Kolben und Zylinder aufgrund eines Ölmangels kein ausreichender Schmierfilm aufbaut.

CHARAKTERISTISCHE MERKMALE EINES TROCKENLAUFFRESSERS:



Bei gänzlich zerstörtem Ölfilm:

Übergangslos eng begrenzte Fresser, überwiegend am Kolbenschaft, mit stark verriebener, dunkel gefärbter Oberfläche.



Bei Ölmangel:

Die Merkmale sind bis auf die Einfärbung der Oberfläche mit den vorher genannten identisch. Die Oberfläche der Fressstellen ist nahezu metallisch rein und nicht dunkel verfärbt. Das Öldefizit betrifft die gesamte Zylinderoberfläche. Daher sind am Kolben oftmals schon im Anfangsstadium sowohl auf der Druck-, als auch auf der Gegendruckseite Fressstellen zu finden.

2.2.2 TROCKENLAUFFRESSER AM KOLBENSCHAFT



BESCHREIBUNG

- Fressstellen am Kolbenschaft auf der Druckseite, teilweise reichen die Fresser bis in die Kolbenringzone.
- Leichte Fressstellen auf der Gegendruckseite.
- Oberfläche der Fressstellen hell und nahezu metallisch rein.



BEURTEILUNG

Zwischen Kolben und Zylinderbohrung lag akuter Schmiermangel vor. Die nahezu metallisch reine Oberfläche der Fressstellen zeigt, dass bei der Entstehung des Fressers der Ölfilm zwar noch vorhanden, aber entscheidend geschwächt war. Aufgrund der geringen Beschädigung handelt es sich um einen temporären Öl-mangel oder einen Schaden im Anfangsstadium. Ein Weiterbetrieb des Motors hätte noch schwerwiegendere Schäden verursacht.



HINWEIS

Die Schadstelle liegt bei dieser Art von Trockenlauffresser immer in dem Bereich des Kolbenschafts, in dem sich bei einem unbeschädigten, gelaufenen Kolben das normale Tragbild abzeichnet.

MÖGLICHE URSACHEN

Mangelschmierung durch:

- Zu wenig Motoröl.
- Zu niedrigen Öldruck im Motor (Ölpumpe, Überdruckventil, usw.): An den Lagerstellen der Kurbelwelle tritt zu wenig Öl aus. Die Zylinderlaufbahn, durch Spritz- und Schleuderöl von der Kurbelwelle geschmiert, wird unzureichend mit Schmieröl versorgt.
- Ausfall der Ölspritzdüse zur Kolbenkühlung.

2.2.3 EINSEITIGER KOLBENSCHAFTFRESSER OHNE GEGENDRUCKSTELLEN



BESCHREIBUNG

- Schwere, dunkel verfärbte Fressstellen mit stark aufgerissener Oberfläche auf der Druckseite des Kolbens.
- Gegenüberliegende Pleuellagerseite unbeschädigt.
- Pleuellagerzone im Anfangsstadium meist unbeschädigt.



BEURTEILUNG

Es handelt sich um einen typischen Trockenlauffresser, der meistens an der Druckseite, seltener an der Gegendruckseite auftritt. Dieser Schaden entsteht, wenn der Schmierfilm nur auf einer Zylinderhälfte zusammenbricht. Grund ist ein lokal begrenzter Schmiermangel oder eine Überhitzung der betreffenden Zylinderseite. Ein Spielmangel scheidet als Schadensursache aus, da trotz schwerer Fresser auf der gegenüberliegenden Seite keine Gegendruckstellen vorhanden sind.

MÖGLICHE URSACHEN

- Teilweiser Zusammenbruch der Kühlung durch Kühlmittelmangel, Luftblasen, Schmutzablagerungen oder sonstige Störungen des Kühlkreislaufs.
- Bei Rippenzylindern kann es durch äußere Schmutzablagerungen zu örtlichen Überhitzungen und dadurch zum Zusammenbruch des Ölfilms kommen.
- Bei luftgekühlten Motoren: Defekte, fehlende oder falsch montierte Luftleitbleche.
- Ausfall der Ölspritzdüse zur Pleuellagerkühlung.
- Zu niedriger Öldruck: Unzureichende Schmierung der Zylinderdruckseite bei Pleuellagern mit Ölspritzdüsen.
- Mangelschmierung an der stärker belasteten Zylinderdruckseite durch Ölverdünnung oder eine für den Einsatzzweck ungeeignete Ölqualität.

2.2.4 TROCKENLAUFREIBER DURCH KRAFTSTOFFÜBERSCHWEMMUNG



BESCHREIBUNG

- Schmale, scharf begrenzte, längliche Reibstellen am Pleierschaft, anstelle eines normalen Pleiertragbilds.



BEURTEILUNG

Unverbrannter Kraftstoff kondensiert an der Zylinderlaufbahn und verdünnt bzw. wäscht den tragenden Ölfilm ab. Dadurch kommt es zum Trockenlauf zwischen den Gleitpartnern Pleier und Zylinderbohrung und somit zu langgezogenen, schmalen Reibstellen. Die Pleierringzone bleibt meist unbeschädigt.



HINWEIS

Der Schaden liegt beim Kraftstoffreißer an den tragenden Stellen im Pleierschaft. Bei einem unbeschädigten Pleier zeichnet sich dort das normale Tragbild ab.

MÖGLICHE URSACHEN

- Überfetteter Motorlauf und Verbrennungsstörungen durch Fehler in der Gemischaufbereitung oder an der Zündanlage.
- Unvollständige Verbrennung infolge einer ungenügenden Verdichtung.
- Kaltstarteinrichtung defekt oder zu lange betätigt (Vergasermotor).
- Ölverdünnung durch häufigen Kurzstreckenbetrieb bzw. durch Überfettung.

2.2.5 KOLBENKOPFFRESSER AN DIESELKOLBEN



BESCHREIBUNG

- Örtlich begrenzte Fressstellen, Schwerpunkt am Feuersteg.
- Oberfläche der Fressstellen rau und aufgerieben, teilweise größere Materialstücke herausgerissen.



BEURTEILUNG

Durch einen Fehler an der Einspritzdüse spritzte unzerstäubter Kraftstoff bis an die Zylinderwand und schwächte dort den Ölfilm bis zum absoluten Trockenlauf. Dadurch hat der Feuersteg so stark gefressen, dass er mit der Zylinderwand temporär verschweißte. Durch diese Verschweißung wurden Stücke aus dem Kolbenkopf herausgerissen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Undichte, nachtropfende, verschmutzte oder falsche Einspritzdüsen.
- Klemmende Düsennadel durch verzogenen Einspritzdüsenkörper (falsches Anzugsdrehmoment).
- Falscher Einspritzzeitpunkt (Förderbeginn).

2.2.6 TROCKENLAUFFRESSER DURCH BRANDIGE KOLBENRINGE



BESCHREIBUNG

- Fressriefen und Brandflecken an den Kolbenringlaufflächen (Abb. 1 und 2).
- Längsriefen an den Zylinderbohrungen (nicht abgebildet).
- Im Anfangsstadium: Erste Anreißer am Feuersteg (Abb. 3 – oben rechts).
- Im fortgeschrittenen Stadium: Ausbreitung der Reiber über den gesamten Kolben (Abb. 4).



Abb. 1

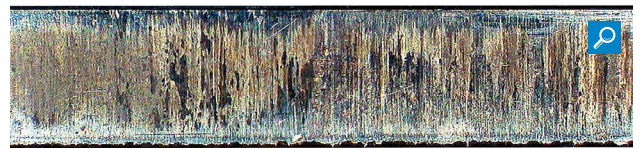


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

BEURTEILUNG

Solche Schäden treten bevorzugt in der Einlaufphase unter starker Belastung auf, wenn die Kolbenringe durch einen mangelnden Einlauf noch nicht vollständig abdichten (überwiegend Dieselkolben). Die an den Kolbenringen vorbeiströmenden Verbrennungsgase heizen die Kolbenringe und die Zylinderwand übermäßig auf, der Ölfilm bricht zusammen.

Verbrennungsstörungen und erhöhte Temperaturen bzw. eine ungenügende Kühlung von Kolben und Zylinderwand können den Schmierfilm auch beeinträchtigen oder zerstören. Dies bedeutet zunächst einen Trockenlauf der Kolbenringe, wodurch Brandflecken entstehen. Da der Kolben auch über die ungeschmierten Zylinderpartien läuft, entstehen zunächst Anreißer am Feuersteg, im weiteren Schadensverlauf Fressstellen am gesamten Kolbenschaft (Abb. 4).

MÖGLICHE URSACHEN

- Übermäßige Belastung des Motors während der Einlaufphase.
- Keine optimale Struktur der gehonten Zylinderoberfläche für eine gute Haftfähigkeit des Motorenöls (Verquetschung der Graphitadern, Blechmantelbildung, zu geringe Rauheit und/oder falscher Honwinkel).
- Ungeeignetes Schmieröl (falsche Ölqualität und Viskosität).
- Zu hohe Temperatur an den Zylinderlaufbahnen (Fehlfunktionen im Kühlsystem bzw. Ablagerungen in den umschließenden Kühlkanälen).
- Erhöhte Temperatur während der Verbrennung durch Verbrennungsstörungen (mageres Gemisch, Glühzündungen, nachtropfende oder undichte Einspritzdüsen).
- Unzureichende Ölversorgung der Zylinderlaufbahnen durch zu wenig Spritz- und Schleuderöl von den Pleuel- und Kurbelwellenlagern.

2.3 ÜBERHITZUNGSFRESSER

2.3.1 ALLGEMEINES ZUM ÜBERHITZUNGSFRESSER

Beim Überhitzungsfresser bricht der Ölfilm infolge zu hoher Temperaturen zusammen. Dies führt zunächst zur Mischreibung und zu einzelnen Reibstellen. Durch die zusätzliche Aufheizung an den Reibstellen, kommt es nachfolgend zum kompletten Trockenlauf des Kolbens. Die Fressstellen sind dunkel verfärbt und stark aufgerissen. Je nach Schadensursache beginnt der Überhitzungsfresser entweder am Kolbenschaft oder am Kolbenkopf.



2.3.2 ÜBERHITZUNGSFRESSER MIT SCHWERPUNKT AM KOLBENKOPF



BESCHREIBUNG

- Starke Fresser, ausgehend vom Kolbenkopf, zum Schaftende hin auslaufend.
- Fresser am dem gesamten Kolbenkopfumfang.
- Oberfläche der Fressstellen dunkel verfärbt, stark verrieft und teilweise aufgerissen.
- Fresser auf den Laufflächen der Kolbenringe, zum Ölabstreifring hin schwächer.



BEURTEILUNG

Der Kolbenkopf hat sich durch sehr hohe thermische Überlastung so stark aufgeheizt, dass das Laufspiel überbrückt und der Ölfilm zerstört wurde. Dies führte um den Kolbenkopf herum zu einer Kombination von Spiel- und Trockenlauffresser. Genereller Spielmangel durch ein zu geringes Kolbeneinbauspil scheidet als Ursache aus, da in diesem Fall der Schaden vom Schaftbereich ausgehen würde (siehe Kapitel „Spielfresser am Kolbenschaft“).

MÖGLICHE URSACHEN

- Längere, hohe Belastung in der Einlaufphase des Motors.
- Überhitzung durch einen gestörten Verbrennungsablauf.
- Störungen im Motorkühlsystem.
- Störungen bei der Ölversorgung (Kolben mit Ölkühlung bzw. mit Kühlkanal).
- Verbogene oder fehlerhafte Ölspritzdüsen, die den Kolben von unten unzureichend mit Öl kühlen.
- Falsche Dichtringe am Buchsenbund nasser Zylinderlaufbuchsen; (siehe Kapitel „Kavitation an Zylinderlaufbuchsen“).

2.3.3 ÜBERHITZUNGSFRESSER MIT SCHWERPUNKT AM KOLBENSCHAFT



BESCHREIBUNG

- Beidseitiger Pleierschaftfresser.
- Oberfläche der Fressstellen dunkel gefärbt, rau und stark aufgerieben.
- Pleierschaftzone oft nur geringfügig oder gar nicht beschädigt.



BEURTEILUNG

Durch starke Überhitzung des Motors ist die Schmierung auf der Zylinderlauffläche zusammengebrochen. Dies führte zu einem Trockenlauffresser mit stark aufgeriebenem Pleierschaft. Der Schaden konzentriert sich im Pleierschaftsbereich, Fresser im Pleierscheibsbereich sind nicht vorhanden. Eine motorische Überbelastung durch Verbrennungsstörungen kann deshalb ausgeschlossen werden.

MÖGLICHE URSACHEN

- Überhitzung des Motors durch folgende Störungen im Kühlsystem:
 - Kühlmittelmangel
 - Schmutz
 - defekte Wasserpumpe
 - fehlerhaftes Thermostat
 - gerissener oder rutschender Keilriemen
 - unzureichend entlüftete Kühlsysteme.
- Bei luftgekühlten Motoren: Überhitzung durch Schmutzablagerungen auf den Zylinderaußenseiten, abgebrochene Kühlrippen, beeinträchtigte oder ausgefallene Kühlluftventilation.

2.4 VERBRENNUNGSTÖRUNGEN

2.4.1 ALLGEMEINES ÜBER KOLBENSCHÄDEN DURCH VERBRENNUNGSTÖRUNGEN

VERBRENNUNGSTÖRUNGEN BEI OTTOMOTOREN

Die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Zylinder folgt einem genau vorbestimmten Ablauf. Sie wird durch den Funken der Zündkerze kurz vor dem oberen Totpunkt eingeleitet. Die Flamme breitet sich von der Zündkerze ausgehend kreisförmig aus und durchläuft den Brennraum mit stetig steigender Brenngeschwindigkeit von 5–30 m/s. Der Druck im Verbrennungsraum steigt dadurch steil an und erreicht kurz nach dem oberen Totpunkt seinen maximalen Wert. Dieser normale Verbrennungsablauf kann aber durch verschiedene Einwirkungen gestört werden, woraus sich drei Fälle von Verbrennungstörungen beschreiben lassen:

1. Glühzündung (Vorentflammung):

Führt zur thermischen Überbelastung des Kolbens.

2. Klopfende Verbrennung:

Führt zu erosionsartiger Materialabtragungen und mechanischer Überlastung an den Kolben und am Kurbeltrieb.

3. Kraftstoffüberschwemmung:

Führt zu Verschleiß mit Ölverbrauch und auch zu Kolbenfressern.

Normale Verbrennung



Klopfende Verbrennung



Glühzündung



zu 1. Glühzündung (Vorentflammung):

Bei einer Glühzündung wird die Verbrennung durch ein im Verbrennungsraum glühendes Teil bereits vor dem eigentlichen Zündzeitpunkt eingeleitet. In Betracht kommen das heiße Auslassventil, die Zündkerze, Dichtungsteile und Ablagerungen auf diesen Teilen sowie Flächen, die den Verbrennungsraum umschließen. Die Flamme wirkt unkontrolliert auf die Bauteile ein, wodurch die Temperatur am Kolbenboden sehr stark ansteigt. Schon nach wenigen Sekunden ununterbrochener Glühzündung erreicht die Temperatur den Schmelzpunkt des Kolbenmaterials.

Bei Motoren mit weitgehend halbkugelförmigem Brennraum entstehen dadurch im Kolbenboden Löcher, die meist in Verlängerung der Zündkerzenachse auftreten.

Bei Brennräumen mit größeren Quetschflächen zwischen Kolbenboden und Zylinderkopf schmilzt der Feuersteg meist im Bereich der Quetschflächen (siehe Glossar) an der höchstbelasteten Stelle an. Dieser Vorgang setzt sich oftmals bis zum Ölabstreifring und ins Kolbeninnere fort.

Eine klopfende Verbrennung, die zu hohen Oberflächentemperaturen einzelner Teile des Brennraums führt, kann ebenfalls Glühzündungen hervorrufen.

zu 2. Klopfende Verbrennung:

Bei klopfender Verbrennung wird die Zündung normal über den Funken der Zündkerze eingeleitet. Die Flammfront breitet sich von der Zündkerze aus und erzeugt Druckwellen, die in dem unverbrannten Gas kritische Reaktionen hervorrufen. Dadurch kommt es im Restgasgemisch an vielen Stellen gleichzeitig zur Selbstzündung. Die Brenngeschwindigkeit steigert sich dadurch auf den 10–15-fachen Wert. Der Druckanstieg pro Grad Kurbelwinkel und die Druckspitze werden wesentlich höher. Des Weiteren bilden sich im Expansionshub sehr hochfrequente Druckschwingungen. Zudem heizen sich Oberflächen, die den Brennraum umschließen, sehr stark auf. Von Rückständen sauber gebrannte Brennräume sind ein eindeutiges Zeichen für eine klopfende Verbrennung.

Leichtes temporäres Klopfen führt bei den meisten Motoren – auch über längere Zeit – nicht zu Schäden.

Stärkeres, länger anhaltendes Klopfen führt zu erosionsartigen Abtragungen des Kolbenmaterials am Feuersteg und auf dem Kolbenboden. Auch der Zylinderkopf und die Zylinderkopfdichtung können geschädigt werden. Teile im Verbrennungsraum (z. B. die Zündkerze) können sich dabei so stark aufheizen, dass daraus Glühzündungen (Vorentflammungen) mit einer Überhitzung des Kolbens entstehen (An- und Abschmelzungen).

Schweres Dauerklopfen führt nach kurzer Zeit zu Ringsteg- und Schaftbrüchen, die meistens ohne An- und Abschmelzungen und ohne Fresser auftreten.

Abb. 1 zeigt den Druckverlauf im Verbrennungsraum. Die blaue Kennlinie zeigt einen Druckverlauf bei normaler, die rote Linie bei klopfender Verbrennung. Hier kommt es zu Druckspitzen.

zu 3. Kraftstoffüberschwemmung:

Zu fettes Gemisch, nachlassender Verdichtungsdruck und Zündstörungen rufen unvollkommene Verbrennungen mit Kraftstoffüberschwemmung hervor. Die Schmierung der Kolben, Kolbenringe und Zylinderlaufbahnen wird unwirksam. Mischreibung mit Verschleiß und erhöhtem Ölverbrauch sowie Fresser sind die Folge (siehe Kapitel „Ölverbrauch und Kolbenfresser“).

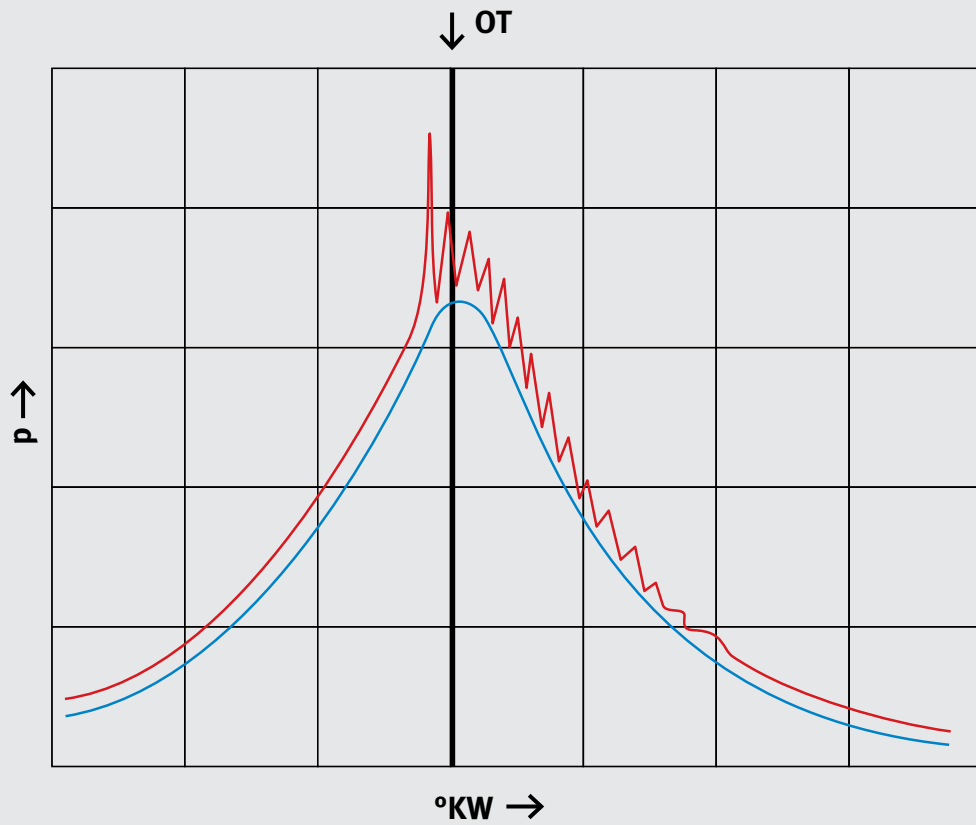


Abb. 1

VERBRENNUNGSSTÖRUNGEN BEI DIESELMOTOREN

Für einen optimalen Verbrennungsablauf spielt neben einem mechanisch einwandfreien Zustand auch eine äußerst fein zerstäubende, exakt abspritzende Einspritzdüse sowie ein korrekter Einspritzbeginn eine wesentliche Rolle. Nur so kann der eingespritzte Kraftstoff mit geringstem Zündverzug entflammen und bei normalem Druckablauf restlos verbrennen. Auch hier unterscheidet man drei gravierende Arten von Verbrennungsstörungen:

1. Zündverzug

2. Unvollständige Verbrennung

3. Nachtropfende Einspritzdüsen

zu 1. Zündverzug:

Der Kraftstoff entzündet sich erst mit einer gewissen Verzögerung (Zündverzug) wenn:

- er nicht fein genug zerstäubt wurde,
- er im falschen Zeitpunkt in den Zylinder eingespritzt wurde,
- oder die Verdichtungstemperatur bei Einspritzbeginn noch nicht hoch genug ist.

Der Zerstäubungsgrad ist nur vom Zustand der Einspritzdüse abhängig. Eine mit dem Düsenprüfgerät getestete, einwandfreie Einspritzdüse, kann durch die Montage oder durch Temperaturspannungen so verklemmt werden, dass sie im Betrieb nicht einwandfrei zerstäubt.

Die Verdichtungstemperatur ist vom Verdichtungsdruck und somit vom mechanischen Zustand des Motors abhängig. Der kalte Motor weist immer einen gewissen Zündverzug auf. Die kalten Zylinderwände entziehen der kälteren Ansaugluft beim Verdichten viel Wärme. Die beim Einspritzbeginn vorhandene Verdichtungstemperatur reicht dann nicht aus, um den eingespritzten Kraftstoff sofort zu entflammen. Erst bei weiter fortschreitender Verdichtung wird die Zündtemperatur erreicht und der bis dahin eingespritzte Kraftstoff entflammt schlagartig. Dies verursacht einen steilen, explosionsartigen Druckanstieg mit Geräuschbildung und eine starke Erwärmung des Kolbenbodens. Brüche z. B. der Ringstege des Kolbens und Wärmespannungsrisse im Kolbenboden, sind die Folge.

zu 2. Unvollständige Verbrennung:

Wenn der Kraftstoff nicht zum richtigen Zeitpunkt oder unzerstäubt in den Verbrennungsraum gelangt, kann er in der kurzen, zur Verfügung stehenden Zeit nicht restlos verbrennen. Das Gleiche geschieht, wenn nicht genügend Sauerstoff, d. h. Ansaugluft in den Zylinder gelangt. Ursachen können ein verstopfter Luftfilter, nicht korrekt öffnende Einlassventile, Fehler am Turbolader oder Verschleiß an den Kolbenringen und den Ventilen sein. Der unverbrannte Kraftstoff schlägt sich zum Teil an den Zylinderoberflächen nieder; dort beeinträchtigt oder zerstört er den Schmierfilm. Die Zylinderlaufflächen, die Laufflächen der Kolbenringe und letztlich auch die Kolbenschaftflächen werden dadurch in kürzester Zeit stark verschlissen oder fressen. Ölverbrauch und Leistungsverlust sind die Folge (beispielhafte Schadensbilder siehe Kapitel „Trockenlauffresser“ und „Überhöhter Ölverbrauch“).

zu 3. Nachtropfende Einspritzdüsen:

Die Einspritzdüsen können durch Druckschwankungen nach Einspritzende nochmals öffnen. Diese Druckschwankungen können vom Druckventil der Einspritzpumpe, den Leitungen oder der Einspritzdüsen ausgehen. Um diese fehlerhafte Einspritzung zu verhindern, wird das System über das Druckventil der Einspritzpumpe um einen definierten Wert druckentlastet. Ist der Abspritzdruck der Einspritzdüsen zu niedrig eingestellt oder kann der Druck nicht zuverlässig gehalten werden (mechanische Einspritzdüsen), können die Einspritzdüsen trotz der Druckentlastung nach dem Einspritzende noch mehrmals kurz hintereinander öffnen. Undichte oder nachtropfende Einspritzdüsen verursachen ebenfalls eine unkontrollierte Kraftstoffeinbringung in den Brennraum. Der in beiden Fällen unkontrolliert eingespritzte Kraftstoff trifft durch den fehlenden Sauerstoff unverbrannt auf den Kolbenboden. Dort verbrennt der Kraftstoff mit recht hohen Temperaturen und heizt das Kolbenmaterial örtlich so stark auf, dass durch die Massenkraft und Erosion der Verbrennungsgase Teilchen des Kolbens aus der Oberfläche herausreißen können. Beträchtliche Materialabtragungen bzw. erosive Auswaschungen am Kolbenboden sind die Folge.

2.4.2 ABSCHMELZUNGEN VON KOLBENKOPF UND KOLBENSCHAFT (OTTOMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Kolbenkopf hinter den Kolbenringen durchgeschmolzen.
- Kolbenschaft nicht gefressen, geschmolzenes Material ist von der Schadenstelle auf den Kolbenschaft aufgerieben.



BEURTEILUNG

Kolbenkopfabschmelzungen an Ottomotoren beruhen auf Glühzündungen an Kolben mit überwiegend ebenem Boden und größeren Quetschflächen. Glühzündungen entstehen, wenn glühende Teile im Verbrennungsraum die Selbstentzündungstemperatur des Gasgemisches überschreiten. Das sind vor allem Zündkerze, Auslassventile und Ölkohleablagerungen an den Brennraumwänden.

Im Quetschflächenbereich heizt sich der Kolbenkopf durch Glühzündungen stark auf. Durch die hohen Temperaturen wird das Kolbenmaterial teigig und durch die Massenkraft und die in die Schadenstelle eindringenden Verbrennungsgase bis zum Ölabbstreifring hin abgetragen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Zündkerzen mit zu niedrigem Wärmewert.
- Zu mageres Gemisch und dadurch erhöhte Verbrennungstemperaturen.
- Beschädigte Ventile oder ein zu kleines Ventilspiel: Ventile schließen nicht korrekt. Durch die vorbeiströmenden, heißen Verbrennungsgase beginnen die Ventile zu glühen. Primär sind die Auslassventile betroffen, da die Einlassventile von den Frischgasen gekühlt werden.
- Glühende Verbrennungsrückstände auf den Kolbenböden, dem Zylinderkopf, den Ventilen und Zündkerzen.
- Ungeeigneter Kraftstoff mit zu niedriger Oktanzahl. Die Kraftstoffqualität muss dem Verdichtungsverhältnis des Motors entsprechen, d. h. der Oktanwert des Kraftstoffs muss den Oktanbedarf des Motors in allen Betriebszuständen abdecken.
- Dieselmotorkraftstoff im Benzin: Herabsetzung der Oktanzahl des Kraftstoffs.
- Hohe Motor- oder Ansauglufttemperatur durch ungenügende Motorraumbelüftung.
- Allgemeine Überhitzung des Motors.

2.4.3 AN- UND ABSCHMELZUNGEN AM KOLBENKOPF (DIESELMOTOR)



BESCHREIBUNG

Abb. 1:

- Kolbenkopf völlig zerstört.
- Feuersteg bis zum Ringträger abgeschmolzen.
- Fressstellen und Beschädigungen am Kolbenschaft durch geschmolzenes, heruntergeriebenes Kolbenmaterial.
- Teilweise herausgelöster Ringträger.
- Beschädigungen (Einschlagspuren) in allen Verbrennungs-räumen durch Kolbenmaterial und gelöste Ringträgerteile.

Abb. 2:

- Erosionsartige Abschmelzungen auf dem Kolbenboden oder am Feuersteg in Spritzrichtung der Düsenstrahlen.
- Keine Fresser an Kolbenschaft und Kolbenringzone.



Abb. 1



Abb. 2

BEURTEILUNG

Schäden dieser Art treten besonders bei Diesel-Direkteinspritzmotoren auf. Vorkammermotoren sind davon nur betroffen, wenn die Vorkammer beschädigt ist und der Kraftstoff dadurch auch direkt in den Verbrennungsraum eingespritzt wird.

Wenn bei Diesel-Direkteinspritzmotoren die Einspritzdüse des betroffenen Zylinders ihren Abspritzdruck nicht hält, können Schwingungen in der Einspritzleitung die Düsennadel nochmals anheben. Kraftstoff spritzt erneut in den Verbrennungsraum. Wenn der Sauerstoff aufgebraucht ist, durchströmen Kraftstofftröpfchen den Verbrennungsraum und treffen auf den Kolbenboden. Sie verbrennen dort bei großer Hitze und das Kolbenmaterial wird teigig.

Die Massenkraft und Erosion der schnell vorbeistreichenden Verbrennungsgase reißen einzelne Partikel aus der Oberfläche (Abb. 2) oder tragen den Kolbenkopf komplett ab (Abb. 1).

MÖGLICHE URSACHEN

- Undichte Einspritzdüsen oder schwergängige bzw. verklemmte Düsennadeln.
- Gebrochene oder lahme Düsenfedern.
- Defekte Druckentlastungsventile in der Einspritzpumpe.
- Einspritzmenge und Einspritzzeitpunkt entsprechen nicht den Vorgaben des Motorenherstellers.
- Bei Vorkammermotoren: Defekt an der Vorkammer in Verbindung mit einer der vorher genannten Ursachen.
- Zündverzug durch unzureichende Verdichtung infolge eines zu großen Spaltmaßes, falscher Steuerzeiten oder undichter Ventile.
- Zu großer Zündverzug durch zündunwilligen Diesekraftstoff (zu niedrige Cetanzahl).
- Schlechte Füllung durch defekten Turbolader.

2.4.4 KOLBENBODEN- UND MULDENRISSE (DIESELMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Spannungsrisse am Muldenrand.
- Hauptriss bis zur Kolbenbolzennabe.
- Eingebannter Kanal von der Mulde bis unterhalb des Ölabstreifrings, verursacht durch Verbrennungsgase die den Hauptriss durchströmen.



Abb. 1



Abb. 2

BEURTEILUNG

Das Kolbenmaterial heizt sich örtlich stark auf – bei Vorkammermotoren an den Auftreffstellen der Vorkammerstrahlen (Abb. 3 und Abb. 4), bei Direkteinspritzmotoren am Muldenrand (Abb. 1). An diesen Stellen dehnt sich das Material stärker aus. Da die überhitzten Stellen von kühlerem Material umgeben sind, verformt sich das Material hier plastisch über die Elastizitätsgrenze hinaus. Beim Abkühlen passiert das Gegenteil: An den Stellen, an denen das Material zuvor gestaucht und weggedrückt wurde, ist nun zu wenig Material vorhanden.

Dadurch entstehen Zugspannungen, die zu Spannungsrissen führen. Wenn die thermisch bedingten Spannungen durch Spannungen von einer Bolzendurchbiegung überlagert werden, bildet sich aus den Spannungsrissen ein stark erweiterter Hauptriss. Dieser führt zum Bruch und Ausfall des Kolbens. Die Massenkraft und Erosion der schnell vorbeistreichenden Verbrennungsgase reißen einzelne Partikel aus der Oberfläche (Abb. 2) oder tragen den Kolbenkopf komplett ab (Abb. 1).



Abb. 3

MÖGLICHE URSACHEN

- Fehler in der Gemischaufbereitung durch falsche Einspritzdüsen, Störungen in der Einspritzpumpe und Schäden an der Vorkammer.
- Hohe Temperaturen durch Defekte im Kühlsystem.
- Fehler an der Motorbremse oder deren exzessiver Gebrauch. Folge: Überhitzung.
- Mangelnde Kolbenkühlung bei Kolben mit Kühlkanal, z. B. durch verstopfte oder verbogene Kühlöldüsen.
- Temperaturschwankungen bei Motoren mit häufig wechselnder Belastung, z. B. bei Stadtomnibussen oder Erdbewegungsmaschinen.
- Kolben falscher Spezifikation, z. B. ohne Kühlkanal, obwohl ein Kühlkanalkolben verwendet werden muss.
- Kolben von Fremdherstellern ohne Faserverstärkung am Muldenrand.
- Kolben mit einer für den Motor unpassenden Muldenausformung (siehe Kapitel „Kolbenkopffresser durch falsche Kolben“).



Abb. 4

2.4.5 RINGSTEGBRÜCHE



BESCHREIBUNG

- Ringstegbruch auf einer Kolbenseite zwischen dem ersten und zweiten Verdichtungsring (Abb. 1).
- Bruch, ausgehend vom oberen Nutgrund schräg ins Pleuelmaterial. Austritt im darunter liegendem Nutgrund (Abb. 2).
- Bruch verbreitert sich nach unten.
- Keine Pleulfresser oder Überhitzungserscheinungen.

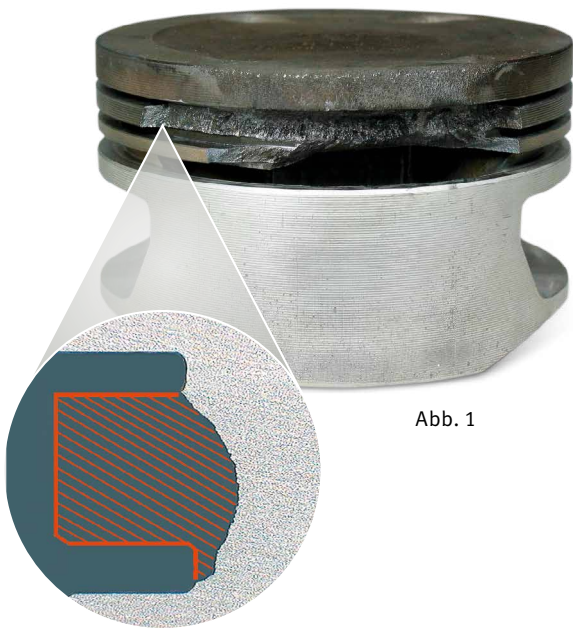


Abb. 1

Abb. 2: Querschnitt durch Bruch

BEURTEILUNG

Ursache für Stegbrüche sind keine Materialfehler, sondern Materialüberlastungen. Sie unterscheiden sich nach drei Ursachen:

1. Klopfende Verbrennung:

Die Oktanzahl des Kraftstoffs reichte nicht für alle Betriebs- und Belastungszustände des Motors (siehe Kapitel „Allgemeines über Pleuschäden durch Verbrennungsstörungen an Ottomotoren“).

Ringstegbrüche durch klopfende Verbrennung treten meistens auf der Druckseite auf. Ursache einer klopfenden Verbrennung beim Dieselmotor ist ein Zündverzug.

2. Flüssigkeitsschläge:

Bei stehendem oder laufendem Motor gelangt Flüssigkeit (Wasser, Kühlmittel, Öl oder Kraftstoff) unbeabsichtigt in den Verbrennungsraum. Da sich Flüssigkeiten nicht komprimieren lassen, werden Pleu und Pleueltrieb im Verdichtungstakt enorm belastet. Folge: Ringstegbrüche, Pleulbrüche oder Pleuel- und Pleuelwellenschäden.

Abb. 3 zeigt einen Bruchverlauf bei klopfender Verbrennung und bei Flüssigkeitsschlägen: Die Kraft, die den Bruch verursacht und von oben auf den Ringsteg einwirkt, erweitert die Bruchflächen nach unten.

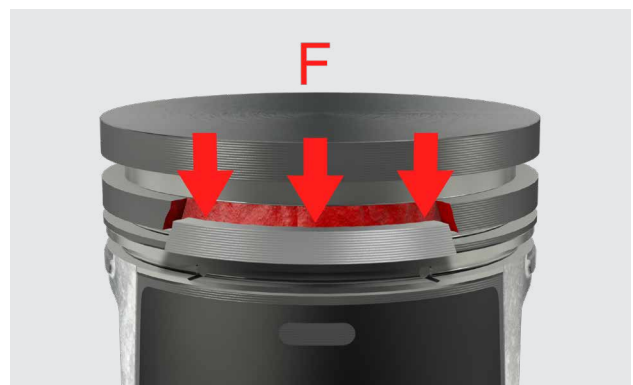


Abb. 3

3. Einbaufehler:

Nicht richtig zusammengespannte Kolbenringe erfordern bei der Montage der Kolben einen höheren Kraftaufwand. Durch das gewaltsame Einpressen oder Einklopfen des Kolbens werden die Ringstege durch feine Haarrisse vorgeschädigt. Die Ringstege brechen in umgekehrter Richtung, weil der Druck in diesem Fall von unten kommt (Abb. 4).



Abb. 4

MÖGLICHE URSACHEN**Klopfende Verbrennung bei Ottomotoren:**

- Unzureichend klopfester Kraftstoff. Die Kraftstoffqualität muss dem Verdichtungsverhältnis des Motors entsprechen, d. h. die Oktanzahl des Kraftstoffs muss den Oktanbedarf des Motors in allen Betriebszuständen abdecken.
- Dieselmotorkraftstoff im Benzin und dadurch eine Herabsetzung der Oktanzahl des Kraftstoffs.
- Zu hohes Verdichtungsverhältnis durch übermäßiges Abschleifen der Motorblock- und Zylinderkopfplanfläche z. B. bei Motorüberholung/Tuning.
- Zu früher Zündzeitpunkt.
- Zu mageres Gemisch und dadurch erhöhte Verbrennungstemperaturen.
- Zu hohe Ansauglufttemperaturen durch z. B. ungenügende Motorraumbelüftung oder falsches Umschalten der Ansaugluftklappe auf Sommerbetrieb (speziell bei älteren Vergasermotoren).

Klopfende Verbrennung bei Dieselmotoren:

- Schlecht zerstäubende oder undichte Einspritzdüsen.
- Zu niedriger Abspritzdruck der Einspritzdüsen.
- Zu niedriger Verdichtungsdruck durch falsche Zylinderkopfdichtungen, zu geringe Pleuellringüberstände, undichte Ventile oder schadhafte bzw. verschlissene Pleuellringe.
- Defekte Zylinderkopfdichtungen.
- Beschädigungen an der Pleuellringkammer.
- Unsachgemäßer oder übermäßiger Einsatz von Anlasshilfen (Starthilfespray) beim Kaltstart.
- Defekter Turbolader.

Bei Flüssigkeitsschlägen:

- Unbeabsichtigtes Ansaugen von Wasser beim Durchfahren von Gewässern oder durch Hochspritzen größerer Wassermengen voraus- oder vorbeifahrender Fahrzeuge.
- Volllaufen des Zylinders bei stehendem Motor mit:
 - Wasser, durch undichte Zylinderkopfdichtung oder Risse in Bauteilen.
 - Kraftstoff, durch undichte Einspritzdüsen (nur Ottomotor mit Einspritzsystem). Der Restdruck im Einspritzsystem entleert sich durch die undichte Düse in den Zylinder.

Der Schaden entsteht in beiden Fällen beim Starten.

2.4.6 ANSCHLAGSPUREN AM KOLBENKOPF (DIESELMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Starke Anschlagspuren am Kolbenkopf (Abb. 1).
- Ölkohle nahezu entfernt.
- Narben und eingedrückte Ölkohleablagerungen am Kolbenboden.
- Starker Verschleiß an Kolbenringen, insbesondere am Ölabbstreifring.
- Abdruck der Wirbelkammer an der vorderen Kante des Kolbenbodens (Abb. 2).
- Ventilabdruck auf der rechten Bodenseite.
- Erste Anzeichen eines beginnenden Trockenlaufreibers am Kolbenschaft (Abb. 4).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

BEURTEILUNG

Die Kolben haben im Betrieb am Zylinderkopf bzw. an der Wirbelkammer und einem Ventil angeschlagen. Brüche sind infolge dieser Gewalteinwirkung noch nicht aufgetreten. Am Verschleißbild der Kolbenringe und des Kolbenschafts ist jedoch zu sehen, dass es in Folge dieser Anschläge zu Verbrennungsstörungen durch Kraftstoffüberschwemmung gekommen ist.

Durch das Anschlagen des Kolbens kommt es zu Erschütterungen am Zylinderkopf. Die Einspritzdüse wird dadurch in Schwingungen versetzt, kann im geschlossenen Zustand den Druck nicht mehr halten und spritzt unkontrolliert Kraftstoff in den Zylinder ab. Die Folge ist eine Kraftstoffüberschwemmung, die den Ölfilm schädigt. Diese Schädigung führt zu einem höheren Mischreibungsanteil und damit zu Verschleiß an den Kolbenringen sowie zu einem erhöhten Ölverbrauch. Erst wenn der Ölfilm durch den Kraftstoff so stark beeinträchtigt wird, dass eine Mangelschmierung entsteht, bilden sich die charakteristischen Kraftstoffreiber (siehe Kapitel „Trockenlaufreiber durch Kraftstoffüberschwemmung“).

Der Kolbenschaft wird anfangs weniger geschädigt, weil er vom Kurbeltrieb her regelmäßig mit neuem, noch schmierfähigem Öl versorgt wird. Wenn sich die Abriebteile aus dem Hubbereich der Kolben mit dem Schmieröl vermischen und das ölverdünnte Schmieröl an Tragfähigkeit verliert, breitet sich der Verschleiß weiter aus.

MÖGLICHE URSACHEN

- Falsches Kolbenüberstandsmaß. Der Kolbenüberstand wurde bei einer Motorenüberholung nicht kontrolliert bzw. nicht korrigiert.
- Bei der Erneuerung außermittig gebohrte Pleuelbuchse.
- Exzentrisches (außermittiges) Nachschleifen der Kurbelwelle.
- Außermittiges Nacharbeiten der Lagergrundbohrung (beim Nachsetzen der Lagerdeckel der Kurbelwelle).
- Einbau von Zylinderkopfdichtungen mit zu geringer Dicke.
- Ölkohleablagerung am Kolbenkopf und dadurch eine Einengung oder Überbrückung des Spaltmaßes.
- Falsche Steuerzeiten durch falsche Einstellung, Kettenlängung, übersprungene Zahnriemen.
- Längenabweichung der Pleuelstange.
- Exzessive Nachbearbeitung der Zylinderkopfplanfläche und hierdurch eine Steuerzeitenverschiebung. (Der Abstand zwischen antreibendem und getriebenem Rad verändert sich; dies lässt sich ggf. durch die bauartbedingte Riemen- oder Ketteneinstellung nicht korrigieren).
- Beim Erneuern der Ventilsitzringe wurde nicht auf die richtige Lage der Ventilsitze geachtet. Wenn die Ventilsitzfläche nicht tief genug im Zylinderkopf platziert wird, haben die Ventile nicht den richtigen Rückstand im Zylinderkopf und stehen zu weit über.
- Überdrehen des Motors. Die Ventile schließen aufgrund der erhöhten Massenkraft nicht rechtzeitig und schlagen am Kolben an.
- Zu großes Spiel in der Pleuellagerung oder ein verschlissenes Pleuellager, insbesondere in Verbindung mit starken Übertouren beim Bergabfahren.

2.4.7 LOCH IM KOLBENBODEN (OTTOMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Kolbenboden mit durchgehendem Loch, bedeckt vom herausgeschmolzenen Material.
- Schaftbereich zeigt Fressstellen. Grund: Hohe Temperaturen und heruntergeriebenes Kolbenmaterial.



BEURTEILUNG

Schäden dieser Art werden durch Glühzündungen verursacht. Glühende Bauteile überschreiten die Selbstentzündungstemperatur des Gasgemisches im Verbrennungsraum. Dies sind vor allem die Zündkerze, das Auslassventil und Verbrennungsrückstände im Brennraum. Das Gemisch entzündet sich dabei noch vor der eigentlichen Entzündung durch die Zündkerze. Folglich wirkt die Flamme, im Gegensatz zum normalen Verbrennungsablauf, länger auf den Kolbenboden ein.

Der Kolbenboden heizt sich durch Glühzündungen rasch stark auf, folglich wird das Material teigig. Die Massenkraft bei den Hubbewegungen des Kolbens und die schnell strömenden Verbrennungsgase tragen das weich gewordene Material ab. So drückt der Verbrennungsdruck die noch verbleibende Wandstärke des Kolbenbodens nach innen durch. In vielen Fällen treten keine Fresser auf.



HINWEIS

Eine so schnelle örtliche Aufheizung des Kolbenbodens ist nur durch Glühzündungen möglich.

MÖGLICHE URSACHEN

- Zündkerzen mit zu niedrigem Wärmewert.
- Zu mageres Gemisch und dadurch erhöhte Verbrennungstemperaturen.
- Beschädigte, undichte Ventile oder ein zu kleines Ventilspiel. Die Ventile schließen dadurch nicht korrekt. Durch die vorbeiströmenden Verbrennungsgase heizen sich die Ventile stark auf und kommen ins Glühen. Primär sind die Auslassventile betroffen, da die Einlassventile von den Frischgasen gekühlt werden.
- Glühende Verbrennungsrückstände und Ölkohleablagerungen im Verbrennungsraum.
- Falsches Einbaumaß der Injektoren (fehlende oder doppelt eingebaute Dichtringe).
- Ungeeigneter Kraftstoff mit zu niedriger Oktanzahl. Die Kraftstoffqualität muss dem Verdichtungsverhältnis des Motors entsprechen, d. h. der Oktanwert des Kraftstoffs muss den Oktanbedarf des Motors in allen Betriebszuständen abdecken.
- Dieselmotorkraftstoff im Benzin und dadurch eine Herabsetzung der Oktanzahl des Kraftstoffs.
- Hohe Motor- oder Ansauglufttemperatur durch ungenügende Motorraumbelüftung.
- Allgemeine Überhitzung des Motors.

2.4.8 KOLBENKOPFFRESSER DURCH FALSCHER KOLBEN (DIESELMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Örtlich begrenzte Fressriefen am Kolbenkopf, verteilt über den gesamten Kolbenumfang.
- Fressriefen verlaufen vom Kolbenboden bis zum zweiten Verdichtungsring.
- Schwerpunkt der Fressriefen am Feuersteg.



BEURTEILUNG

Dieser Schaden resultiert aus Verbrennungsstörungen. Der Fehler ist jedoch nicht im Einspritzsystem zu finden, sondern wurde durch die Verwendung eines falschen Kolbens verursacht. Motoren werden entsprechend den gesetzlich vorgeschriebenen Abgasnormen konstruiert. Häufig unterscheiden sich die Kolben der jeweiligen Abgasnorm optisch kaum voneinander.

In vorliegenden Schadensfall kamen innerhalb derselben Motorbaureihe, für unterschiedliche Abgasnormen, Kolben mit unterschiedlichem Muldendurchmesser zum Einsatz. Der Kolben der Abgasnorm Euro 1 (Muldendurchmesser: 77 mm) wurde bei einer Motorreparatur ersetzt durch einen Kolben der Abgasnorm Euro 2 (Muldendurchmesser: 75 mm).

Durch den kleineren Muldendurchmesser traf die Einspritzdüse nicht mehr ausschließlich in die Mulde, sondern auch auf den Muldenrand. An den Auftreffstellen erhitze sich der Muldenrand bzw. das Kolbenmaterial und dehnte sich verstärkt aus. Das Resultat sind örtlich begrenzte Fressstellen.

Werden Kolben verwendet, die nicht für den Motortyp und die Abgasnorm vorgesehen sind, können schwere Verbrennungsstörungen mit unabsehbaren Folgeschäden entstehen. Weniger erhebliche Begleiterscheinungen sind die nicht erreichten Abgaswerte, Leistungsdefizite und ein erhöhter Kraftstoffverbrauch.

MÖGLICHE URSACHEN

- Kolben mit falscher Muldenform, -tiefe oder -durchmesser.
- Abweichende Kolbenmaße (z. B. Kompressionshöhe).
- Kolben falscher Bauart. Es darf z. B. kein Kolben ohne Kühlkanal verwendet werden, wenn vom Motorenhersteller für einen bestimmten Zweck ein Kühlkanal vorgesehen ist.
- Verwendung von falschen oder für den Einsatzzweck ungeeigneten Bauteilen (Einspritzdüsen oder -pumpen, Zylinderkopfdichtungen oder sonstige gemisch- oder verbrennungsbeeinflussende Bauteile).

2.4.9 EROSION AM FEUERSTEG UND AUF DEM KOLBENBODEN (OTTOMOTOR)



BESCHREIBUNG

- Erosionsartige Abtragungen am Feuersteg (Abb. 2) oder Pleuellensoberfläche (Abb. 3).

BEURTEILUNG

Erosionsartige Materialabtragungen am Feuersteg und auf dem Pleuellensboden sind immer eine Folge einer länger anhaltenden klopfenden Verbrennung mittlerer Stärke. Hierbei breiten sich Druckwellen im Zylinder aus und laufen zwischen Feuersteg und Zylinderwand bis zum ersten Verdichtungsring hinunter. Am Umkehrpunkt der Druckwelle werden durch die kinetische Energie kleinste Partikel aus der Pleuellensoberfläche herausgerissen.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

MÖGLICHE URSACHEN

- Unzureichend klopfester Kraftstoff. Die Kraftstoffqualität muss dem Verdichtungsverhältnis des Motors entsprechen, d. h. die Oktanzahl des Kraftstoffs muss den Oktanbedarf des Motors in allen Betriebszuständen abdecken.
- Verunreinigung von Benzin durch Dieselmotorkraftstoff. Ursache: Falsche Betankung oder wechselweise Verwendung von Tanks oder Kanistern für beide Kraftstoffarten. Bereits kleinste Dieselbeimengungen bewirken eine starke Herabsetzung der Oktanzahl des Benzins.
- Hohe Mengen an Öl im Verbrennungsraum, durch z. B. verschlissene Kolbenringe, Ventilführungen und Abgas-turbolader. Sie reduzieren die Klopfestigkeit des Kraftstoffs.
- Zu hohes Verdichtungsverhältnis. Ursache: Verbrennungs-rückstände auf den Kolbenböden und dem Zylinderkopf bzw. übermäßiges Abschleifen der Block- und Zylinderkopfoberfläche bei Motorenüberholung oder zu Tuningzwecken.
- Zu früher Zündzeitpunkt.
- Zu mageres Gemisch und dadurch erhöhte Verbrennungstemperaturen.
- Zu hohe Ansauglufttemperaturen. Ursachen: Ungenügende Motorraumbelüftung oder Auspuffrückstau, nicht rechtzeitiges Umschalten der Ansaugluftklappe auf Sommerbetrieb bzw. eine defekte Umschaltautomatik (speziell bei älteren Vergasermotoren).
- Ausfall der Klopfregelung.
- Modifikation der Software des Steuergeräts.



HINWEIS

Moderne Motoren sind mit Systemen ausgerüstet die eine klopfende Verbrennung erkennen. Diese Klopfregelung steuert durch eine Adaption des Zündzeitpunkts klopfenden Verbrennungen entgegen. Die Klopfregelung kann jedoch erst dann eingreifen, wenn es bereits zu einer klopfenden Verbrennung gekommen ist. Schäden sind trotz funktionierender Klopfregelung nicht ausgeschlossen, wenn:

- der Regelbereich des Motorsteuergeräts nicht mehr ausreicht
 - oder die Klopfgrenze ständig erreicht wird.
-

2.5 KOLBEN- UND KOLBENRINGBRÜCHE

2.5.1 ALLGEMEINES ÜBER KOLBENBRÜCHE

Im Motorbetrieb können Kolbenbrüche durch einen Gewaltbruch oder Dauerbruch entstehen.



Abb. 1

Ein Gewaltbruch (Abb. 1) wird immer durch einen Fremdkörper ausgelöst, der im Betrieb mit dem Kolben kollidiert. Fremdkörper können abgerissene Teile vom Pleuel, von der Kurbelwelle, den Ventilen oder Ähnliches sein. Auch wenn Wasser oder Kraftstoff in die Zylinder gelangt, kann es zu einem Gewaltbruch des Kolbens kommen.

Die Bruchflächen eines Gewaltbruchs erscheinen grau, nicht verrieben und zeigen keine Rasterlinien. Der Kolben bricht ohne Bruchentwicklung schlagartig.



Abb. 2

Bei einem Dauerbruch (Abb. 2) entstehen auf der Bruchfläche Rasterlinien, die den Ausgang und den stufenweisen Fortgang des Bruchs aufzeigen. Die Bruchflächen sind oftmals glänzend verrieben. Ursache eines Dauerbruchs ist eine Überbelastung des Kolbenmaterials.

Überbelastungen treten auf durch:

- klopfende Verbrennung,
- starke Erschütterungen des Kolbens, z. B. wenn der Kolbenkopf gegen den Zylinderkopf läuft,
- Materialfehler,
- zu großes Schaftspiel.

Zu große Kolbenbolzendeformationen durch Überlast (Durchbiegung und Ovalverformung) führen zu Nabenrissen oder Rissen in der Abstützung. Dauerbrüche können außerdem durch Wärmespannungsrisse auf den Kolbenböden verursacht werden.

2.5.2 KOLBENBRUCH IN DER KOLBENBOLZENNABE



BESCHREIBUNG

- Bildung eines sogenannten Spaltbruchs bis zum Kolbenboden. Folge: Aufspaltung des Kolbens in zwei Teile (Abb. 1).
- Nabenermüdungsriss in der Mittelachse der Kolbenbolzenbohrung (Abb. 2 und 3).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3: Querschnitt einer Kolbenbolzennabe

BEURTEILUNG

Nabenermüdungsbrüche entstehen durch mechanische Überbelastung. Durch die ständige Überbelastung des Kolbenmaterials kommt es verstärkt zu Biegewechselbeanspruchungen und zur Materialermüdung. Eine mangelhafte Ölversorgung begünstigt einen Bruch: Ein Anriss in der Kolbenbolzennabe schreitet dann auch bei normaler Belastung weiter fort. In Folge spaltet sich der Kolben.

MÖGLICHE URSACHEN

- Verbrennungsstörungen, insbesondere schlagartige Verbrennung durch Zündverzug.
- Übermäßige oder unsachgemäße Anwendung von Anlasshilfen beim Kaltstart.
- Der Zylinder ist bei stehendem Motor voll Wasser, Kraftstoff oder Öl gelaufen (Flüssigkeitsschlag).
- Leistungssteigerungen (z. B. Chiptuning) unter Verwendung des Serienkolbens.
- Falscher oder gewichtsreduzierter Kolbenbolzen. Durch die Ovalverformung des Kolbenbolzens wird die Bolzenlagerung überbeansprucht.

2.5.3 KOLBENBRUCH DURCH ANLAUF DES KOLBENBODENS GEGEN DEN ZYLINDERKOPF



BESCHREIBUNG

- Anschlagspuren am Kolbenboden (Abb. 1), an der Zylinderkopfplanfläche und beiden Ventile (ohne Abb.).
- Bruch in Kolbenbolzenrichtung infolge von Erschütterungen und Gewalteinwirkung.
- Kolbenschaft in der unteren Ölringnut abgebrochen, Bruchflächen haben Dauerbruchcharakter (Abb. 2).

BEURTEILUNG

Ursache ist eine schnelle Folge harter Schläge beim Anschlagen des Kolbenbodens gegen den Zylinderkopf. Der Kolben wird derart erschüttert, dass Risse entstehen. Außerdem verkantet sich der Kolben im Zylinder und schlägt mit dem Schaft gegen die Zylinderwand. Bei Kolben mit unterem Ölabstreifring (Abb. 2) bricht dabei häufig der Schaft an der unteren Ölringnut.



Abb. 1



Abb. 2

MÖGLICHE URSACHEN

- Zu großes Spiel in der Pleuellagerung oder ein ausge-
laufenes Pleuellager, insbesondere in Verbindung mit
starkem Übertouren beim Bergabfahren.
- Zu kleines sogenanntes Spaltmaß (Mindestabstand
zwischen Kolbenboden und Zylinderkopf) in der oberen
Totpunktlage des Kolbens. Ursachen können sein:
 - Kolben mit falscher Kompressionshöhe. Bei der
Motorüberholung wird oft die Planfläche des
Zylinderblocks nachgearbeitet. Werden nach der
Bearbeitung Kolben mit der originalen Kompres-
sionshöhe verwendet, kann der Kolbenüberstand zu
groß sein. Daher werden für den Reparaturfall Kolben
mit reduzierter Kompressionshöhe angeboten. So bleibt
der Kolbenüberstand innerhalb des vom Motoren-
hersteller festgelegten Toleranzbereichs.*
 - Ungenügende Dicke der Zylinderkopfdichtung. Viele
Hersteller sehen für denselben Motor Zylinderkopf-
dichtungen mit unterschiedlicher Dicke vor: Zum einen,
um bei der Produktion Additionen von Bauteiltoleranzen
auszugleichen, zum anderen, um den Kolbenüberstand
bei Reparaturen anpassen zu können. Bei Reparaturen
gilt daher: Nur Zylinderkopfdichtungen mit vorge-
schriebener Materialdicke verwenden. Dadurch ist
garantiert, dass nach der Reparatur das vorgeschrie-
bene Spaltmaß erreicht ist. Wird der Zylinderblock bei
einer Reparatur nachgearbeitet oder ersetzt, muss die
Dichtungsstärke nach Maßgabe des Motorenherstellers
anhand des Kolbenüberstands neu festgelegt werden.



ACHTUNG

Eine Freigängigkeitsprüfung, bei der der kalte Motor von Hand
durchgedreht wird, ist keine Garantie dafür, dass der Kolben in
Betriebtemperatur nicht gegen den Zylinderkopf schlägt.
Grund: Durch die Wärmeausdehnung verlängern sich Kolben
und Pleuel. Dies verringert den Abstand zwischen Kolbenboden
und Zylinderkopf. Vor allem bei Nutzfahrzeugmotoren mit
großen Kolbenkompressionshöhen entstehen nennenswerte
Maßveränderungen. Diese reduzieren die Freigängigkeit des
Kolbens im oberen Totpunkt um mehrere Zehntel Millimeter.

* Motorservice liefert für viele Dieselmotoren Kolben mit reduzierter Kompressions-
höhe (KH-). Details siehe Motorservice Katalog „Piston and Components“

2.5.4 MATERIALAUSWASCHUNG IM KOLBENRINGBEREICH (KOLBENRINGBRUCH)



BESCHREIBUNG

- Starke Materialauswaschung bis zum Kolbenboden im Ringfeld an der ersten Ringnut.
- Starker axialer Verschleiß der ersten Ringnut.
- Starke mechanische Beschädigung des Kolbenbodens.
- Kolbenschaft mit matt geschliffenem Laufbild.



BEURTEILUNG

Schadensursache sind Verunreinigungen im Verbrennungsraum. Darauf verweist der starke axiale Nutverschleiß, besonders an der ersten Ringnut. Die Verunreinigungen lagerten sich dadurch auch in der Ringnut ein und verursachten am Kolbenring und in der Ringnut abrasiven Verschleiß. Das Ringhöhlenspiel erhöhte sich dadurch immer weiter. Der in seinem Querschnitt stark geschwächte Kolbenring hielt dem Verbrennungsdruck nicht mehr stand und ist gebrochen. Das abgebrochene Kolbenringstück konnte sich dadurch nahezu ungehindert in der schnell größer werdenden Nut bewegen. Sein fortwährendes Hämmern bewirkte die abgebildete Auswaschung. Als die Auswaschung an den Kolbenboden heranreichte, gelangten die Bruchstücke des Kolbenrings in den Verbrennungsraum und verursachten dort weitere Beschädigungen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Stark axialer Verschleiß der Ringnut und Kolbenringe durch Eintritt von Fremdkörpern in den Verbrennungsraum.
- Bei stark radialem Verschleiß der Kolbenringe ohne vorhandenen Axialverschleiß ist ein Mischreibungsverschleiß durch Kraftstoffüberschwemmung eine wahrscheinliche Ursache.

Siehe Kapitel „Verschleiß durch Kraftstoffüberschwemmung“.

- Bei unverschlissenen Ringnuten und Kolbenringen und einer kurzen Laufzeit im Anschluss an eine Motorüberholung liegt häufig ein Kolbenmontagefehler vor. Wenn die Kolbenringe nicht tief genug in die Ringnut gedrückt werden, können sie beim Einsetzen des Kolbens brechen. Dies passiert bei der Verwendung von falschem bzw. beschädigtem Einführwerkzeug oder wenn das Kolbenringspannband nicht richtig um den Kolben gelegt und gespannt wurde.
- Ringflattern, bedingt durch ein zu großes Ringhöhlenspiel. Auslöser ist der Einbau lediglich eines neuen Kolbenringsatzes bei der Motorreparatur, obwohl die Ringnuten im Kolben schon verschlissen sind. Durch das zu große Spiel kommen die Kolbenringe ins Flattern und können brechen. Denkbare Ursache ist auch ein falscher Kolbenringsatz: Die Ringhöhe ist ggf. zu gering und dadurch das Axialspiel in der Nut zu groß.
- Ein für den Anwendungszweck ungeeigneter Kolben. Kolben für Dieselmotoren werden aufgrund hoher Belastung und Lebensdauer mit einem Ringträger aus nickelhaltigem Gusseisen versehen. Dieselmotoren mit konstruktiv vorgegebener kürzerer Lebensdauer sind oft aus Kostengründen mit Kolben ohne Ringträger ausgestattet, z. B. landwirtschaftliche Maschinen. Muss ein solcher Kolben ohne Ringträger höhere Laufleistungen absolvieren, reicht die Verschleißfestigkeit der Ringnuten ggf. nicht aus.

2.6 KOLBENBOLZENBRÜCHE

2.6.1 ALLGEMEINES ÜBER KOLBENBOLZENBRÜCHE

Kolbenbolzenbrüche können durch Überbelastung bei Verbrennungsstörungen oder durch Fremdkörper im Verbrennungsraum entstehen. Eine übermäßige oder unsachgemäße Anwendung von Anlasshilfen (Starthilfespray) ist mit den Auswirkungen extremer Verbrennungsstörungen gleichzusetzen.

Durch den Druck der Verbrennungsgase auf den Kolben wird der Kolbenbolzen oval verformt. Bei Überlast kann sich an den Kolbenbolzenenden ein Längsriss bilden, ausgehend entweder am Außen- oder Innendurchmesser des Kolbenbolzens. Der Riss verläuft als Dauerbruch weiter in Richtung Kolbenbolzenmitte. Im größten Scher- und Biegebeanspruchungsbereich zwischen der Kolbenbolzenbohrung und Pleuelauge ändert sich die Richtung zu einem Querriss. Letztlich führt dies zum Durchbrechen des Kolbenbolzens. Neben den hier geschilderten Schäden können Brüche auch aufgrund von Beschädigungen entstehen.

2.7 SCHÄDEN AN DEN KOLBENBOLZENSICHERUNGEN

2.7.1 ALLGEMEINES ÜBER SCHÄDEN AN DEN KOLBENBOLZENSICHERUNGEN

Zur Kolbenbolzensicherung werden Drahtsprengringe oder sogenannte Seeger-Sicherungen verwendet. Beide können brechen oder aus der Nut im Kolben herausspringen bzw. herausgeschlagen werden.

Ein Brechen der Sicherungsringe bzw. Abbrechen der Ringenden ist auf eine Überbeanspruchung oder unsachgemäße Behandlung beim Einsetzen der Sicherungsringe zurückzuführen. Die Sicherungsringe werden in axialer Richtung nur dann beansprucht, wenn dem Kolbenbolzen eine axiale Bewegung aufgezwungen wird. Dies passiert, wenn ein Fluchtfehler im Pleuel oder eine pendelnde, meist asymmetrische Pleuelstange die Kolbenbolzenachse und Kurbelwellenachse aus der Parallelität bringt.

Der Kolbenbolzen schlägt in schneller Folge wechselseitig gegen die Kolbenbolzensicherungen und treibt diese stufenweise aus ihrer Nut heraus. Danach werden sie weiter bis an die Zylinderlaufbahn gedrückt, wo sie durch Verschleiß abgerieben werden. Schließlich zerbrechen die Sicherungsringe. Teile der Bruchstücke klemmen sich zwischen Kolben und Zylinder ein. Andere Teile werden durch die Massenkraft in der Aussparung der Kolbenbolzennaben hin- und hergeschleudert und verursachen dort beträchtliche Materialauswaschungen. Nicht selten gelangen die Bruchstücke auch durch die Innenbohrung des Kolbenbolzens auf die andere Seite des Kolbens und verursachen dort ebenfalls schwere Schäden.

2.7.2 KOLBENSCHÄDEN DURCH GEBROCHENE KOLBENBOLZENSICHERUNGEN



BESCHREIBUNG I

- Bohrungsende der Bolzenbohrungen auf beiden Kolbenseiten stark ausgeschlagen, zum Teil bis ins Ringfeld hoch (Abb. 1).
- Ein Sicherungsring in der Sicherungsnut herausgesprungen und zerbrochen.
- Zweiter Sicherungsring beschädigt.
- Kolbenbolzen ist wegen fehlender Kolbenbolzensicherung nach außen bis zur Zylinderlaufbahn gewandert.
- Balliger Verschleiß der Stirnseite des Kolbenbolzens durch längeren Kontakt mit der Zylinderlaufbahn (Abb. 2).
- Laufbild vom Kolben asymmetrisch.



Abb. 1



Abb. 2

BESCHREIBUNG II

- Asymmetrisches Kolbentragbild (Abb. 4).
- Kolbenbolzennabe und Kolbenbolzen gebrochen (Abb. 5 und 6).
- Bolzenbohrung im Bereich der Sicherungsringe verhämmert.



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

BEURTEILUNG

Die Kolbenbolzensicherungen, als Drahtsprengringe oder Seeger-Sicherungen ausgeführt, werden im Betrieb nur durch einen Axialschub des Kolbenbolzens herausgedrückt bzw. herausgehämmert. Voraussetzung ist, dass sie richtig eingesetzt und nicht beschädigt wurden.

Querbeschleunigungen des Kolbenbolzens treten immer dann auf, wenn die Kolbenbolzenachse nicht parallel zur Kurbelwellenachse liegt. Dies ist dann der Fall, wenn durch einen verbogenen Pleuel ein starker Schrägstand des Kolbens entsteht. Bei den Hubbewegungen kommt es dadurch zu einem wechselnden Axialschub, durch den der Sicherungsring regelrecht herausgehämmert wird. Der herausgesprungene Sicherungsring klemmt sich dann zwischen den nach außen wandernden Kolbenbolzen, dem Kolben und der Zylinderlaufbahn ein.

Er wird dort verschlissen und zerbricht letztlich in mehrere Teile. innerhalb kürzester Zeit verhämmern die Teilstücke durch ihre Massenkraft bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens das Kolbenmaterial (Abb. 2). Einzelne Bruchstücke wandern durch den hohlen Kolbenbolzen und verursachen auf der gegenüberliegenden Kolbenseite ebenfalls entsprechende Zerstörungen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Axialschub des Kolbenbolzens im Motorbetrieb durch:
 - Pleuelverbiegung oder Pleuelverdrehung.
 - Schief gebohrtes Pleuelauge (Achsenunparallelität).
 - Zylinderachse nicht rechtwinklig zur Kurbelwellenachse.
 - Zu großes Pleuellagerspiel, insbesondere bei asymmetrischen Pleuelstangen.
 - Pleuelzapfen nicht parallel zur Kurbelwellenachse (Bearbeitungsfehler).
- Verwendung alter oder beschädigter Sicherungsringe.
- Unsachgemäß montierte Sicherungsringe.

2.8 FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN

2.8.1 ALLGEMEINES ÜBER FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN

Die Kolbenbolzennabe wird nicht zwangsweise mit Öl versorgt. Es steht nur Spritz- oder Schleuderöl zur Verfügung. Deshalb sind die Fresser an den Kolbenbolzenlagerstellen fast immer Trockenlauffresser mit stark aufgerissener Oberfläche und Materialverschweißungen.

Bei schwimmend gelagerten Kolbenbolzen entstehen Schäden in den Kolbenbolzenbohrungen hauptsächlich:

- Durch zu wenig Spiel des Kolbenbolzens in der Pleuelbuchse.
- Beim Fressen bzw. Festklemmen des Kolbenbolzens in der Pleuelbuchse.

Ein Zeichen hierfür sind Kolbenbolzen mit blauen Anlassfarben im Bereich der Pleuelbuchse.

Wenn die Freigängigkeit des Kolbenbolzens in der Pleuelbuchse einschränkt ist, muss er sich zwangsweise in der Kolbenbolzennabe drehen. Dafür ist aber das Spiel eines schwimmend gelagerten Kolbenbolzens in den Kolbenbolzenbohrungen zu klein. Starke Erwärmung, Zusammenbruch der Schmierung und ein Trockenlauffresser in der Kolbenbolzennabe sind die Folge.

Durch die hohe Erwärmung dehnt sich der Kolben im Bereich der Kolbenbolzenbohrungen auch am Schaft wesentlich stärker aus. Dies kann auch dort zu Spielmangel und zu einem Trockenlauffresser in der Zylinderbohrung führen (siehe Kapitel „45°-Fresser“).

Für Kolbenbolzen, die im Pleuel fest eingeschrumpft werden, wird das Spiel in der Kolbenbolzenbohrung so groß bemessen, dass sich dort ein ausreichender Ölfilm bilden kann. Bei der Wiederverwendung gelaufener Schrumpfleuel sollte die Bohrung im Pleuel nicht verzogen oder anderweitig beschädigt sein. Der Kolbenbolzen könnte sich sonst im eingeschrumpften Zustand so stark verformen, dass das Spiel in den Kolbenbolzenbohrungen nicht mehr ausreicht und folglich leichte Fresser entstehen.

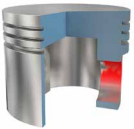
Beim Einbau der Kolben ist stets die Bolzenlagerung einzuölen, damit für die ersten Umdrehungen ausreichend Schmierstoff vorhanden ist.



HINWEIS

Beim Einschrumpfen des Kolbenbolzens in den Pleuel ist nicht nur die o. g. Schmierung des Kolbenbolzens zu beachten. Unmittelbar nach dem Einsetzen des Kolbenbolzens darf die Bolzenlagerung nicht durch Kolbenkippbewegung auf Freigang geprüft werden! Denn in dieser Phase gleicht sich die Temperatur der beiden Bauteile an (kühler Kolbenbolzen, heißes Pleuel). Der Kolbenbolzen kann sehr heiß werden; er dehnt sich stark aus und klemmt in der Kolbenbolzennabe fest. Wird die Lagerung in diesem Zustand bewegt, kann ein Anreiber oder Fresser entstehen. Mögliche Folge: Spätere Schwergängigkeit der Lagerung, dadurch erhöhte Reibung und Wärmeentwicklung. Montierte Bauteile stets abkühlen lassen, bevor die Lagerung auf Freigängigkeit kontrolliert wird.

2.8.2 FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN (SCHWIMMEND GELAGERTER KOLBENBOLZEN)



BESCHREIBUNG

- Kolbenbolzen hat in den Kolbenbolzenbohrungen gefressen.
- Kolbenmaterial auf dem Kolbenbolzen aufgeschweißt (Abb. 1).
- Kolbenbolzen im Bereich der Pleuelbuchse blau angelaufen.



Abb. 1

BEURTEILUNG

Die Blauverfärbung des Kolbenbolzens im Bereich der Pleuelbuchse zeigt, dass dort zu wenig Spiel vorhanden war. Daher konnte sich der Kolbenbolzen nur schwer oder gar nicht in der Pleuelbuchse drehen. Die Drehung des Kolbenbolzens erfolgte nur in der Kolbenbolzenbohrung. Dafür ist das Spiel eines schwimmend gelagerten Kolbenbolzens aber zu klein. Durch die erhöhte Reibung erwärmte sich die Lagerung übermäßig, wodurch der Ölfilm unwirksam wurde und der Kolbenbolzenfresser auftrat.

MÖGLICHE URSACHEN

- Zu eng bemessenes Spiel zwischen Pleuelbuchse und Kolbenbolzen.
- Das Spiel in der Pleuelbuchse wurde durch einen Pleuelfluchtfehler überbrückt und dadurch der Kolbenbolzen festgeklemt.
- Nicht eingeeölte Bolzenlagerung beim Einbau der Kolben.



HINWEIS

Beim Einbau der Kolben ist die Bolzenlagerung großzügig einzuölen, damit für die ersten Motorumdrehungen genügend Schmierung vorhanden ist und beim Motorstart kein Anreiber entsteht.

2.8.3 FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN (SCHRUMPFPLEUEL)



BESCHREIBUNG

- Kolben nur kurze Zeit gelaufen.
- Keine Verschleißspuren am Kolbenschaft.
- Fresser in Kolbenbolzennaben auf der oberen druckbelasteten Seite (Abb. 1).
- Oberfläche der Fresser metallisch sauber, keine Spuren von eingebranntem Öl.



Abb. 1

BEURTEILUNG

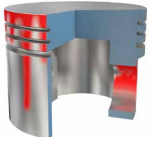
Der Kolben zeigt fast keine Verschleißspuren und kann daher nur kurze Zeit gelaufen sein. Der Kolbenbolzen hat schon bei den ersten Motorumdrehungen gefressen.

Die metallisch reinen Fressstellen sind Indiz für einen Ölmangel in der Bolzenlagerung.

MÖGLICHE URSACHEN

- Nicht eingölte Bolzenlagerung vor Montage des Kolbens.
- Beim Einschrumpfen des Kolbenbolzens in den Pleuel wurde unmittelbar nach dem Einsetzen des Kolbenbolzens die Bolzenlagerung durch Kolbenkippbewegung auf Freigang geprüft. Die Lagerung kann zu diesem Zeitpunkt durch die ungewöhnlichen, im Betrieb nicht vorkommenden Temperaturunterschiede der Bauteile in Mitleidenschaft gezogen werden.

2.8.4 FRESSER IN DEN KOLBENBOLZENNABEN (MIT KOLBENSCHAFTFRESSER)



BESCHREIBUNG

- Beidseitige Kolbenschaftfresser, ausgehend vom Kolbenkopf.
- Festgegangene Verdichtungsringe in den Ringnuten.
- Fresser in den Kolbenbolzennaben.



BEURTEILUNG

Die Konzentration der Fressstellen am Kolbenkopf zeigen, dass der Schadensverlauf dort infolge von Verbrennungsstörungen begann. Daraufhin sind die Kolbenringe festgegangen und die Fresser haben sich immer stärker auf den Schaftbereich ausgeweitet.

Verbrennungsgase sind an den festgegangenen Verdichtungsringen vorbei geströmt. Der Kolben hat sich so aufgeheizt, dass auch der Ölfilm in der Bolzenlagerung unwirksam wurde und hier ebenfalls Fresser entstanden.

MÖGLICHE URSACHEN

Verbrennungsstörungen führen zu einem kombinierten Spiel- und Trockenlauffresser am Kolbenkopf und Kolbenschaft. Daraus entstehen Fresser in der Bolzenlagerung.

2.9 KOLBENGERÄUSCHE

2.9.1 ALLGEMEINES ÜBER KOLBENGERÄUSCHE

Laufgeräusche der Kolben können Folgen verschiedenster Einflüsse im Motorbetrieb sein.

- **Kolbenkippen durch zu großes Laufspiel:**
Durch eine zu große Zylinderbohrung, Verschleiß oder Schafteinfall kippt der Kolben angeregt durch die Pendelbewegung der Pleuelstange und durch den Anlagewechsel des Kolbens im Zylinder. Dabei schlägt der Kolbenkopf hart gegen die Zylinderlaufbahn.
- **Missachtung der Kolbeneinbaurichtung:**
Um den Anlagewechsel des Kolbens vor dem oberen Totpunkt und vor Beginn des Arbeitstakts zu vollziehen, ist die Kolbenbolzenachse um wenige Millimeter zur Kolbendruckseite hin deachsiert. Wird der Kolben um 180° verdreht in den Zylinder eingesetzt und damit der Kolbenbolzen zur falschen Seite hin deachsiert, findet der Anlagewechsel des Kolbens zum falschen Zeitpunkt statt. Der Kolben kippt dadurch heftiger und lauter.
- **Kolbenkippen durch schwergängige Pleuellagerung:**
Das Spiel zwischen Kolbenbolzen und Pleuelbuchse kann zu klein sein oder durch eine Verklemmung oder Verspannung infolge von Pleuefluchtfehler (Verbiegung und Verdrehung) überbrückt werden.
- **Anschlagen des Kolbens in Bolzenrichtung:**
Ursache für ein seitliches Anschlagen des Kolbens gegen die Zylinderbohrung ist meistens ein Fluchtfehler der Pleuelstange (Verbiegung oder insbesondere Verdrehung): Der Kolben pendelt bei seiner Hubbewegung in der Motorlängsachse und schlägt dadurch wechselseitig gegen den Zylinder. Asymmetrische Pleuelstangen oder außermittige Unterstützung des Kolbens durch die Pleuelstange bewirken dasselbe.
- **Wechselseitiges Anschlagen des Kolbenbolzens gegen die Kolbenbolzensicherungen:**
Ein Axialschub im Kolbenbolzen ist immer die Folge eines Fluchtfehlers zwischen der Achse des Kolbenbolzens und der Kurbelwellenachse. Wie beschrieben, sind eine Pleuelverbiegung oder -verdrehung sowie eine Asymmetrie in der Pleuelstange die häufigsten Ursachen. Ein zu großes Pleuellagerspiel (Pleuellagerzapfen an der Kurbelwelle) kann, besonders bei niederen Drehzahlen, ein seitliches Pendeln der Pleuelstange bewirken. Der Kolbenbolzen verkantet sich dadurch im Pleuelauge und wird durch die Pendelbewegung in der Kolbenbolzenbohrung hin und hergeschoben. Der Kolbenbolzen schlägt dabei gegen die Bolzensicherungen.

2.9.2 RADIALE ANSCHLAGSTELLEN AM FEUERSTEG



BESCHREIBUNG

- Feuersteg mit Schlagstellen in Kipprichtung (Abb. 1).
- Laufbild am Kolbenschaft nach oben und unten hin stärker ausgeprägt als in der Schaftmitte.



Abb. 1

BEURTEILUNG

Durch ein wechselseitiges Anschlagen des Pleuellagers gegen die Zylinderlaufbahn wird ein nach außen deutlich hörbares Pleuellagergeräusch verursacht.

Je nach Ursache schlägt der Pleuellager entweder in Kipprichtung oder in der Ovalitätsebene (Bolzenrichtung) gegen die Zylinderwand.

MÖGLICHE URSACHEN BEI ANSCHLAGSTELLEN IN KIPPRICHTUNG

- Zu großes Einbauspiel und damit schlechte Pleuellagerführung aufgrund zu groß gebohrter bzw. gehonter Zylinder.
- Die Pleuellagerbohrung bei deaxialisierten Pleuellagern wurde nicht beachtet.
- Schwergängige Pleuellagerung: Dadurch schlägt der Pleuellagerkopf in der sogenannten Kippebene gegen die Zylinderlaufbahn. Gründe:
 - Zu geringes Spiel im Pleuellager bzw. in der Pleuellagerbohrung.
 - Zu enge Pleuellagerung des Pleuellagers in der Pleuellagerbohrung (Schrumpfleuel). Beim Einschrumpfen und bei einer zu engen Pleuellagerung des Pleuellagers in der Pleuellagerbohrung verformt sich das Pleuellager in Richtung der schwächsten Wandstärken. Pleuellager und Pleuellagerbolzen werden dabei oval. Dadurch entsteht eine Spieleeinengung zwischen Pleuellager und Pleuellagerbolzen.
 - Pleuellagerbolzen mit Fressspuren.
 - Nicht eingölte Pleuellagerung beim Einbau der Pleuellager.

MÖGLICHE URSACHEN BEI ANSCHLAGSTELLEN IN PLEUELLAGERRICHTUNG

- Bei einem Pleuellagerfluchtfehler, insbesondere bei einer Pleuellagerverdrrehung, oder bei zu großem Pleuellagerlagerspiel, pendelt der Pleuellagerkopf in Pleuellagerbolzenrichtung und schlägt gegen die Zylinderwand.
- Pleuellagerfluchtfehler (Verbiegung/Verdrrehung): Es entsteht ein wechselnder Axialschub des Pleuellagerbolzens, durch den der Pleuellagerbolzen wechselseitig gegen die Pleuellagerbolzenringe schlägt.

2.10 ZYLINDER UND ZYLINDERLAUFBUCHSEN



2.10.1 LÄNGSRISSE AN ZYLINDERLAUFBUCHSEN



BESCHREIBUNG

- Vertikaler Riss, ausgehend vom Buchsenbund.
- Aufgrund ihrer dünnen Zylinderwandstärke tritt der Schaden auch bei trockenen Zylinderlaufbuchsen auf.



BEURTEILUNG

Rissursache ist häufig ein unvorsichtiger Umgang mit den Zylinderlaufbuchsen (Schlageinwirkungen). Auch wenn die Zylinderlaufbuchse nicht sofort einen sichtbaren Schaden erleidet, kann ein mikrofeiner Riss oder eine Kerbe im Motorbetrieb einen Bruch verursachen. Eine fehlerhafte Buchsenbundauflage oder Schmutz zwischen Zylinderlaufbuchse und Zylinderblock kann solche Schäden hervorrufen. Bei Längsrissen, die auf fehlerhafte Buchsenbundauflagen zurück zu führen sind, treten die Längsrisse oft zusammen mit Querrissen auf.

MÖGLICHE URSACHEN

- Risse oder Kerben durch unsachgemäße Behandlung der Zylinderlaufbuchsen während des Transports oder der Reparatur.
- Flüssigkeitsschläge.
- Fremdkörper unter Kontakt- oder Dichtflächen.
- Fehlerhafte Bundauflagen (siehe Kapitel „Abgerissener Bund an der Zylinderlaufbuchse“).
- Materialabtrag (Erosion) an der Zylinderlaufbuchsenkante durch klopfende Verbrennung, dadurch Schwächung der Zylinderlaufbuchse.

2.10.2 ABGERISSENER BUND AN DER ZYLINDERLAUFBUCHSE



BESCHREIBUNG

- Abgerissener Buchsenbund.
- Buchsenbundriss, verläuft vom Grund der Buchsenbundunterkante nach oben im Winkel von ca. 30°.



Abb. 1

BEURTEILUNG

Ursache sind Biegemomente, die bei mangelhafter Montage entstehen (Schmutz- und Formfehler). Meistens wird der Buchsenbund der Zylinderlaufbuchse schon beim Anziehen des Zylinderkopfs abgedrückt. Bei den neuen Motoren-generationen für Nutzkraftfahrzeuge mit Pumpe-Düse oder Common-Rail Einspritzsystem wird der Motorblock aufgrund der höheren Verbrennungsdrücke zunehmend belastet. Da bei diesen Motortypen sehr harte Stahl-Zylinderkopfdichtung verwendet werden, kann sich das Kurbelgehäuse nach einer längeren Laufleistung an der Buchsenbundauflage verziehen.

HINWEIS

Eine Verformung der Buchsenbundauflagefläche ist optisch ohne Hilfsmittel nicht zu erkennen. Mit Lagertusche lässt sich der Verzug leicht prüfen: Tusche hauchdünn auf die Auflagefläche des Buchsenbundes am Motorblock auftragen. Danach die neue Buchse ohne Dichtungen einsetzen und auf den Sitz drücken. Dann die Zylinderlaufbuchse wieder herausnehmen. Die Auflagefläche an der Zylinderlaufbuchse sollte nun am ganzen Umfang gleichmäßig mit Tusche bedeckt sein. Wenn dies nicht der Fall ist, muss der Buchsensitz nachgearbeitet werden: Am besten auf einem stationären Bohrwerk oder mit einem mobilen Buchsenbundsitz-Plandrehgerät. Dies garantiert die Planparallelität zur Gehäuseoberfläche (Abb. 2).

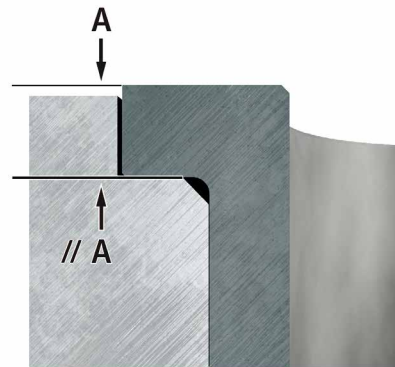


Abb. 2

MÖGLICHE URSACHEN

- Verschlossene Buchsenbundauflage am Motor nach längerer Laufzeit.
- Verschmutzte oder korrodierte Buchsenbundauflage.
- Keine Rechtwinkligkeit und/oder Planheit der Bundauflage (Abb. 2 und Abb. 5).
- Falsche Zylinderkopfdichtung.
- Missachtung der vom Motorenhersteller vorgeschriebenen Anzugsdrehmomente und Drehwinkel bei der Montage des Zylinderkopfs.
- Falsche Anzahl an Dichtringen.

- Unter dem Buchsenbund eingeklemmte Dichtringe.
- Verwendung von Dichtungen mit falschen Abmessungen.
- Verwendung von flüssigen Dichtmitteln.
- Bei trockenen Pressfit-Zylinderlaufbuchsen: Einbaufehler durch zu hohen Einpressdruck.
- Vorgeschriebener Buchsenüberstand nicht eingehalten (Abb. 6):
 - Bei einem zu großen Überstand der Zylinderlaufbuchse wird der Buchsenbund beim Festziehen der Zylinderkopfschrauben abgedrückt.
 - Bei einem zu kleinem Überstand wird die Zylinderlaufbuchse nicht stark genug auf den Buchsensitz gepresst und gerät durch die Kolbenbewegung ins Pendeln. Diese Krafteinwirkungen führen zum Buchsenbundabriss.
- Missachtung der korrekten Form bei der Nacharbeit des Buchsensitzes. Die Formgebung des Buchsensitzes muss der Formgebung der Zylinderlaufbuchse entsprechen. Der Übergang der Bundfläche zum Passsitzdurchmesser muss mit einer Fase von $0,5\text{--}1,0\text{ mm} \times 45^\circ$ versehen sein. Somit sitzt die Hohlkehle des Buchsenbundes an der Kante nicht auf. Bei Nichtbeachtung kann der Buchsenbund beim Festziehen des Zylinderkopfs sehr leicht abgedrückt werden (Abb. 3). Außerdem darf der Ausrundungsradius am Buchsensitz („D“ in Abb. 4) nicht zu groß sein, damit die Zylinderlaufbuchse am Buchsenbund nicht an der Außen- oder Innenkante trägt.



HINWEIS

Bei einer Nachbearbeitung der Buchsenbundauflage während einer Motoreninstandsetzung muss der nötige Überstand der Zylinderlaufbuchse zur Zylinderoberfläche sichergestellt sein: Entweder durch Unterlegen von Ausgleichscheiben aus Stahl oder durch Zylinderlaufbuchsen mit Bundübermaß* (wird empfohlen).

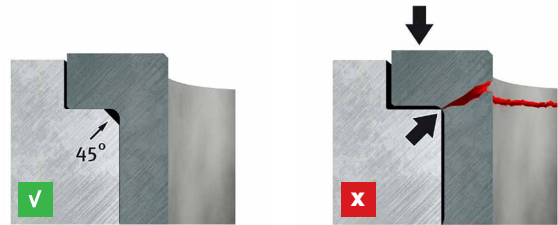


Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5

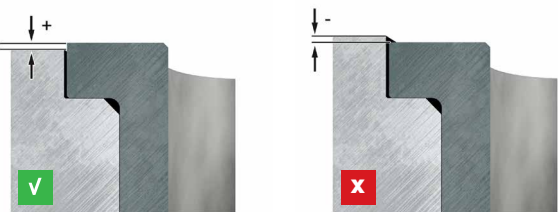


Abb. 6

* Motorservice liefert für die meisten Motoren Zylinderlaufbuchsen mit Bundübermaß. Details siehe Motorservice Katalog „Piston and Components“.

2.10.3 KAVITATION AN ZYLINDERLAUFBUCHSEN



BESCHREIBUNG

- Starke Kavitationserscheinungen am Wassermantel der nassen Zylinderlaufbuchse (Abb. 1 und 2).
- Kühlmitteldurchtritt in den Verbrennungsraum.



Abb. 1



Abb. 2

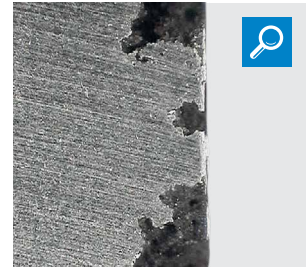


Abb. 3: Querschnitt der Zylinderlaufbuchse

BEURTEILUNG

Kavitation tritt bevorzugt in der Kippebene des Kolbens auf (Druck- oder Gegendruckseite). Auslöser sind hochfrequente Schwingungen der Zylinderwand. Die Schwingungen entstehen durch die Kolbenseitenkräfte, den Verbrennungsdruck und Anlagewechsel im unteren und oberen Totpunkt. Wenn das Kühlwasser den Schwingungen der Zylinderwand nicht mehr folgen kann, hebt der Wasserfilm von der Zylinderlaufbuchse ab. Es bildet sich eine Unterdruckzone mit Dampfbläschen, die beim Zurückschwingen der Zylinderwand mit sehr hoher Geschwindigkeit in sich zusammenfallen (implodieren). Das Wasser, das die Bläschen verdrängt hatte, prallt schlagartig auf die Zylinderoberfläche. Aus ihr löst die Aufprallenergie kleinste Teilchen, so werden allmählich Löcher herausgerissen (herausgewaschen).

Eine Besonderheit bei der Kavitation: Die Löcher sind nach innen erweitert (Abb. 3), dadurch bilden sich Höhlen im Material.

Auslöser für Kavitation

- Zu hohe Kühlflüssigkeitstemperatur.
- Zu niedriger Kühlflüssigkeitsdruck.
- Zu niedriger Siedepunkt der Kühlflüssigkeit.
- Kombination der oben genannten Punkte.

MÖGLICHE URSACHEN

- Das korrekte Kolbenspiel wurde nicht eingehalten, z. B. beim Wiedereinbau bereits gelaufener Kolben, bzw. zu groß gefertigten Zylinder.
- Formfehler der Buchsenbundauflage – Mangelhafter oder unpräziser Sitz der Zylinderlaufbuchse im Gehäuse (siehe Kapitel „Abgerissener Bund an der Zylinderlaufbuchse“).
- Keine vorgeschriebene Dauerfrostfüllung mit Korrosionsschutz oder entsprechende Zusätze im Kühlwasser. Das Korrosionsschutzmittel beinhaltet Inhibitoren, die die Schaumbildung verhindern. Da sich diese Inhibitoren verbrauchen, sollte man das Korrosionsschutzmittel alle zwei Jahre wechseln und das richtige Mischungsverhältnis einstellen.
- Ungeeignete Kühlmittel wie Salzwasser (Meerwasser), aggressives oder säurehaltiges Wasser oder sonstige Flüssigkeiten.
- Ungenügender Vordruck im Kühlsystem. Grund: Ungeeignete Kühlerdeckel (zu geringe Druckhaltung durch defektes Überdruckventil) oder undichtes Kühlsystem. Bei einem vorschriftsmäßigen Vordruck im Kühlsystem liegt die Siedetemperatur des Kühlmittels höher als bei atmosphärischem Druck. Der Vordruck beseitigt die Ursache der Dampfbläschenbildung nicht, behindert aber zumindest die Bläschenbildung.
- Falsche Dichtringe und/oder Dichtmasse bzw. Silikon am Buchsenbund.
- Falsche Anzahl Dichtringe.
- Zu niedere Betriebstemperatur des Motors: Wenn ein Motor durch bestimmte Einsatzbedingungen oder Thermostatdefekte nicht die normale Betriebstemperatur erreicht, kann sich im Kühlsystem wegen der geringeren Wärmeausdehnung des Kühlmittels kein Überdruck aufbauen. Durch die zu niedrige Betriebstemperatur dehnen sich auch die Kolben nicht korrekt aus und laufen daher mit erhöhtem Kolbenspiel. Beide Fälle begünstigen die Bläschenbildung und damit die Kavitation.
- Montage zusätzlicher Dichtringe im Freistich des Buchsenbunds (Abb. 4): Hier dürfen Dichtringe nur dann eingesetzt werden, wenn diese ausdrücklich vom Hersteller vorgesehen sind.

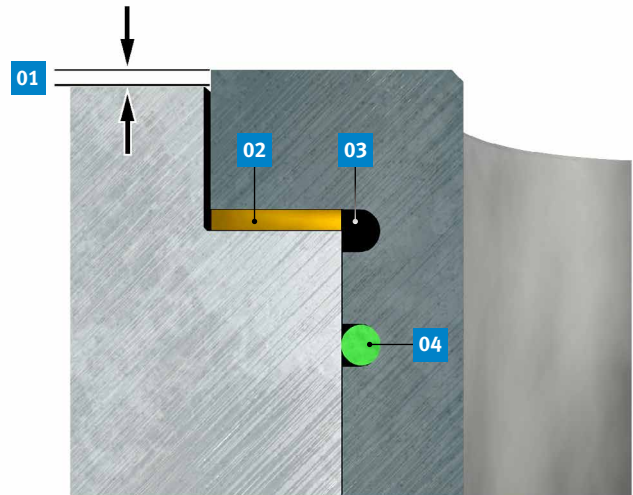
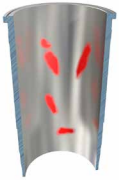


Abb. 4

- 01 Buchsenüberstand
- 02 Tombakring
- 03 Freistich
- 04 O-Ring

2.10.4 UNGLEICHMÄSSIGER LAUFFLÄCHENVERSCHLEISS



BESCHREIBUNG

- Korrosion am Außendurchmesser der Zylinderlaufbuchse (Abb. 1).
- Unregelmäßiges Verschleißbild mit einzelnen, hochglänzenden Polierstellen an der Zylinderoberfläche (Abb. 2).
- Kolben unbeschädigt.
- Ölverlust an den Dichtstellen, insbesondere an den Radialwellendichtringen.



Abb. 1



Abb. 2

BEURTEILUNG

Hochglänzende, ungleichmäßige Laufbilder an den Laufflächen in den Zylindern weisen immer auf einen Zylinderverzug hin. Nasse und trockene Zylinderlaufbuchsen können sich unmittelbar bei der Montage verziehen. Die Kolbenringe deformierter Zylinderbohrungen dichten weder gegen Öl noch gegen Verbrennungsgase einwandfrei ab.

Das Öl tritt an den Ringen vorbei in den Verbrennungsraum und verbrennt. Die Verbrennungsgase strömen vermehrt am Kolben vorbei und erhöhen den Druck im Kurbelgehäuse. Dieser Überdruck führt zu Ölverlust an Dichtstellen am Motor, insbesondere an den Radialwellendichtringen. Außerdem wird Öl über die Ventilführungen in die Ansaug- und Abgaskanäle gedrückt und vom Motor verbrannt oder ausgestoßen.

MÖGLICHE URSACHEN

- In den Grundbohrungen des Motorblocks entstehen bei trockenen Zylinderlaufbuchsen oft starke Unebenheiten durch Kontaktkorrosion (Passungsrost, Abb. 1).
Gegenmaßnahmen: Sorgfältige Reinigung der Zylindergrundbohrung oder, wenn dies nicht hilft, eine Nachbearbeitung der Zylindergrundbohrungen und anschließend ein Einbau der Zylinderlaufbuchsen mit Außenübermaß*. Die dünnwandigen Zylinderlaufbuchsen müssen über die gesamte Länge und den gesamten Umfang anliegen können. Andernfalls deformieren sich die Zylinderlaufbuchsen bereits beim Einbau in die Grundbohrungen. Im Betrieb verstärkt sich diese Deformation. Bei trockenen Zylinderlaufbuchsen unterscheidet man nach Pressfit- und nach Slipfit-Ausführungen. Pressfit-Zylinderlaufbuchsen werden in den Motorblock eingepresst und müssen danach gebohrt und gehont werden. Slipfit-Zylinderlaufbuchsen sind fertig bearbeitet und werden nur in die Grundbohrung eingeschoben. Aufgrund des Spiels zwischen Zylinderlaufbuchse und Zylindergrundbohrung neigt diese Ausführung – im Gegensatz zur Pressfit-Zylinderlaufbuchse – eher zu Verzugs- und Korrosionsproblemen.
- Ungleichmäßiges oder falsches Anziehen der Zylinderkopfschrauben.
- Unebene Planflächen vom Motorblock und Zylinderkopf.
- Verschmutzte oder verzogene Gewinde der Zylinderkopfschrauben.
- Falsche und ungeeignete Zylinderkopfdichtung.
- Starker Zylinderverzug durch fehlerhafte Buchsenbundaufgabe im Gehäuse, falschen Buchsenüberstand und verzogene und/oder ausgeschlagene untere Buchsenführung.
- Zu loser oder zu fester Buchsensitz im Gehäuse (bei trockenen Zylinderlaufbuchsen).

Speziell bei Rippenzylindern:

- Fluchtfehler der Rippenzylinder. Einzelne stehende Rippenzylinder müssen zum Kurbelgehäuse und Zylinderkopf genau planparallel aufliegen und die gleiche Höhe haben.
- Falsch installierte oder fehlende Luftleitbleche.
- Befestigungsbolzen haben in den Bohrungen Kontakt mit dem Zylindergehäuse.

- Mechanischer Kontakt zum Nachbarzylinder.
- Nicht fluchtende Dichtflächen an Ansaug- und Abgaskrümmern. Ansaug- und Abgaskrümmern müssen vor dem Anziehen der Zylinderköpfe vormontiert werden. Grund: Alle Dichtflächen müssen fluchten, Rippenzylinder und Zylinderköpfe dürfen sich beim Anziehen des Krümmers nicht verziehen.

Speziell bei Motoren ohne Zylinderlaufbuchsen:

- Verzogene Zylinderbohrungen. Bestimmte Motoren neigen zum Verzug bei der Montage des Zylinderkopfs. Wenn diese Motoren normal gebohrt und gehont werden, können im späteren Betrieb Verzugsprobleme entstehen.

Empfehlung:

Bei Motorblöcken ohne Zylinderlaufbuchsen, mit direkt in den Motorblock gebohrten Zylindern, empfiehlt es sich, vor der Zylinderbearbeitung eine Druckplatte (Honbrille) auf die Zylinderplanfläche zu schrauben. Diese Druckplatte hat bis auf die Wasserkanäle dieselben Öffnungen wie der Motorblock und ist mehrere Zentimeter stark. Mit den vorgegebenen Anzugsdrehmomenten aufgeschraubt, erzeugt die Druckplatte die Spannungsverhältnisse eines montierten Zylinderkopfs. Verzüge in den Zylinderbohrungen, die sich beim Anziehen der Zylinderkopfschrauben ggf. ergeben können, werden auf diese Weise definiert erzeugt und bei der Bearbeitung berücksichtigt. Dadurch ist gewährleistet, dass die Zylinderbohrung im späteren Motorbetrieb weitgehend rund und zylindrisch ist (einwandfreie Bearbeitung vorausgesetzt).

* Motorservice liefert für viele Motoren Zylinderlaufbuchsen mit Außenübermaß. Details siehe Motorservice Katalog „Piston and Components“

2.10.5 GLANZSTELLEN IM OBEREN LAUFFLÄCHENBEREICH



BESCHREIBUNG

- Hochglänzende, blanke Stellen ohne Honstruktur auf der Zylinderlauffläche (Abb. 1 und 2).
- Kolben ohne Verschleißspuren.
- Ölkohleablagerungen am Feuersteg.
- Erhöhter Ölverbrauch.

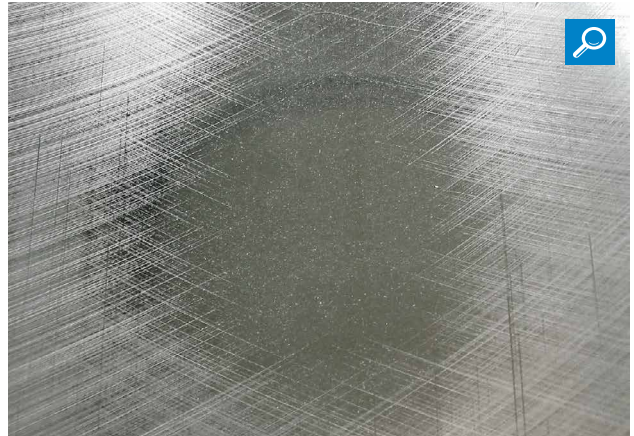


Abb. 2

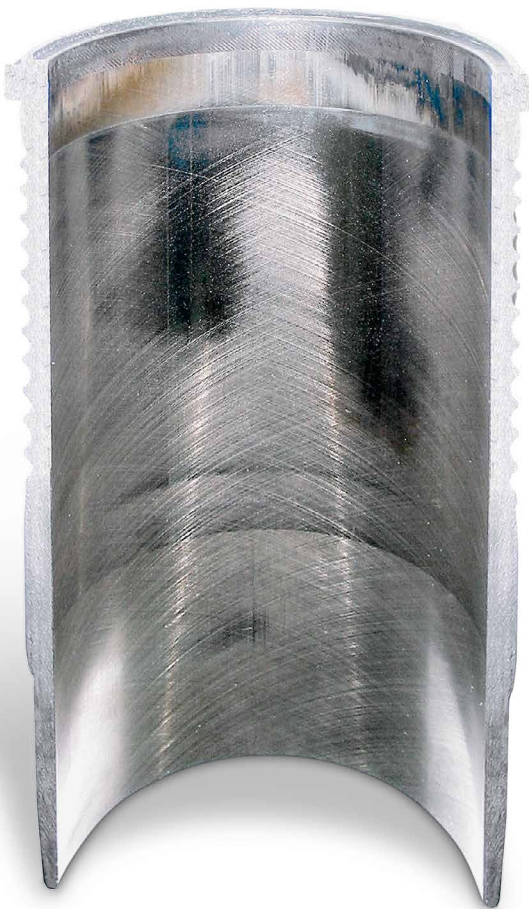


Abb. 1



Abb. 3

BEURTEILUNG

Solche Verschleißschäden treten auf, wenn sich im Betrieb am Feuersteg des Kolbens durch verbranntes Öl und Verbrennungsrückstände ein harter Ölkohlebelag bildet (Abb. 3). Dieser Belag hat abrasive Eigenschaften. Im Betrieb führt dies durch die Auf- und Abwärtsbewegung und die Anlagewechsel des Kolbens zu erhöhtem Verschleiß im oberen Zylinderbereich. Der überhöhte Ölverbrauch wird nicht durch die Glanzstellen verursacht. Der Zylinder erfährt durch die Polierstellen keine starke Unrundheit. Die Kolbenringe dichten weiterhin ab. Auch die Schmierung des Zylinders ist nicht beeinträchtigt, da sich trotz Verlust der Honstruktur in den offenen Graphitadern der Zylinderoberfläche immer noch genügend Öl halten kann. Bei der Beurteilung eines solchen Schadens ist wichtig, dass die Glanzstellen nur an Stellen im Zylinder auftreten, die in Kontakt mit dem verkokten Feuersteg kommen. Wenn Glanzstellen auch an anderen Stellen vorhanden sind, liegt die Schadensursache eher:

- in einem Zylinderverzug (siehe Kapitel „Ungleichmäßiger Zylinderverschleiß“),
- in einer Kraftstoffüberschwemmung (siehe Kapitel „Verschleiß von Kolben, Kolbenringen und Zylindern durch Kraftstoffüberschwemmung“),
- in einem Schmutzeintrag begründet (siehe Kapitel „Verschleiß von Kolben, Kolbenringen und Zylindern durch Schmutz“).

MÖGLICHE URSACHEN

- Übermäßiger Eintritt von Motoröl in den Verbrennungsraum durch defekte Turbolader, ungenügende Ölabscheidung bei der Motorentlüftung, defekte Ventilschaftabdichtungen usw.
- Überdruck im Kurbelgehäuse durch erhöhten Ausstoß von Blow-by-Gase oder durch ein defektes Kurbelgehäuseentlüftungsventil.
- Ungenügende Zylinderendbearbeitung und dadurch erhöhter Öleintritt im Verbrennungsraum (siehe Kapitel „Kolbenringverschleiß kurz nach der Motorüberholung“).
- Verwendung von nicht freigegeben Motorölen bzw. von Motorölen minderwertiger Qualität.

2.10.6 ZYLINDERLAUFBUCHSENRISS DURCH FLÜSSIGKEITSSCHLAG



BESCHREIBUNG

- Oberer Bereich der Zylinderlaufbuchse mit starker Rissbeschädigung und Fressstellen auf der Lauffläche (Abb. 2 und 3).
- Kolbenfresser auf der Druck- und Gegendruckseite.
- Im Kolbenboden: Muldenförmige Vertiefung im Bereich der Fressstellen (Abb. 4).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

BEURTEILUNG

Die Zylinderlaufbuchse wurde durch einen Flüssigkeitsschlag beschädigt. Dieser hat die Zylinderlaufbuchse gesprengt und eine Mulde in den Kolbenboden gedrückt.

Das Kolbenmaterial wurde nach außen gequetscht und hat eine starke Spieleinengung des Kolbens in der Zylinderbohrung verursacht. Ob sich der Flüssigkeitsschlag während des Betriebs oder des Motorstarts ereignete lässt sich nicht nachvollziehen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Unbeabsichtigtes Ansaugen von Wasser beim Durchfahren von Gewässern oder durch Hochspritzen größerer Wassermassen voraus- oder vorbeifahrender Fahrzeuge.
- Volllaufen des Zylinders bei stehendem Motor mit:
 - Kühlmittel durch undichte Zylinderkopfdichtung oder Risse in Bauteilen.
 - Kraftstoff durch undichte Einspritzdüsen. Der Restdruck im Einspritzsystem entleert sich durch die undichte Düse in den Zylinder. Der Schaden entsteht beim Starten.

2.11 ÜBERHÖHTER ÖLVERBRAUCH

2.11.1 ALLGEMEINES ZUM ÖLVERBRAUCH

Der Gesamtölverbrauch eines Motors setzt sich hauptsächlich aus Ölverbrauch (im Brennraum verbranntes Öl) und Ölverlust (Undichtigkeiten) zusammen. Der Ölanteil, der über die Kolbenringe und Zylinderwand in den Verbrennungsraum gelangt und dort verbraucht wird, ist heutzutage vernachlässigbar. Durch die stetige Weiterentwicklung der Motorkomponenten, den Materialzusammensetzungen und den Fertigungsprozessen, reduziert sich der Verschleiß an Zylindern, Kolben und Kolbenringen und somit auch der Ölverbrauch. Dies belegen die hohen Kilometerleistungen und die zurückgegangene Anzahl der Schäden am Kurbeltrieb. Der Ölverbrauch im Verbrennungsraum lässt sich jedoch nicht ganz vermeiden, sondern nur minimieren: Die Gleitpartner Kolben, Kolbenringe und Zylinderlaufbahn benötigen eine ständige Schmierung für einen reibungslosen Betrieb. Während der Verbrennung ist der Ölfilm auf der Zylinderwand der heißen Verbrennung ausgesetzt. Je nach Motorleistung, Motorlast, Motorölqualität und Temperatur verdampft oder verbrennt hier unterschiedlich viel Motoröl.

Der Verschleiß an Kolben, Kolbenringen und Zylindern und dadurch erhöhter Ölverbrauch liegt meistens nicht an den Bauteilen selbst. Fast immer führt ein von außen einwirkendes Ereignis zum Verschleiß der Bauteile: Verbrennungsstörungen durch Fehler in der Gemischaufbereitung, von außen in den Motor gelangen der Schmutz, unzureichende Motorkühlung, Ölmenge, Öle falscher Qualität und Montagefehler. Detaillierte Schadensbeschreibungen, die Kolben und Zylinder betreffen, finden Sie auf den nachfolgenden Seiten.



HINWEIS

Zu dem Thema Ölverbrauch gibt es eine separate Broschüre „Ölverbrauch und Ölverlust“.

2.11.2 ÖLABSTREIFRING MONTAGEFEHLER



BESCHREIBUNG

- Kolbenringe und Kolben ohne Verschleiß (Abb. 1).
- Abgebrochenes Ende der Expanderfeder des 3-teiligen Ölabstreifrings.
- Kratzer im Nutgrund des Ölabstreifrings.



Abb. 1

BEURTEILUNG

Durch den überlappten Einbau der Expanderfeder wird die Umfangslänge verkürzt. Folge: Bruch der Expanderfeder und/oder Spannungsverlust der Lamellen. Diese liegen nicht mehr dicht an der Zylinderwand an und streifen das Öl nicht mehr ab. Das Öl gerät in den Brennraum und verbrennt dort. Folge: Exzessiver Ölverbrauch.

MÖGLICHE URSACHEN

- Falsche Ölabstreifringe.
- Einbaufehler.

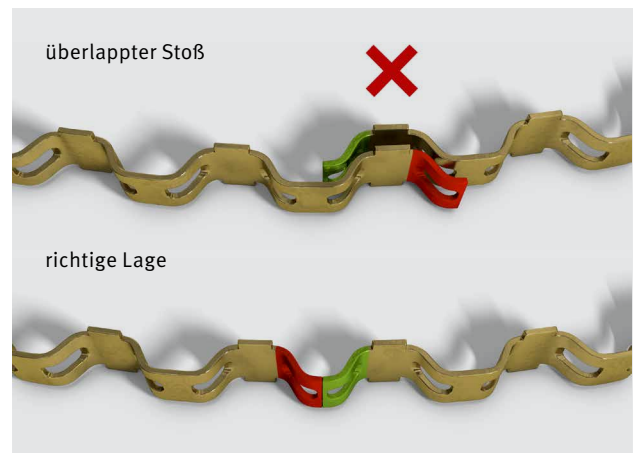


Abb. 2



ACHTUNG

Beide Farben der Expanderfeder müssen nach der Montage der Lamellenringe sichtbar sein. Diese Kennzeichnung deshalb immer – auch bei vormontierten Kolbenringen – vor dem Einbau der Kolben kontrollieren (Abb. 2).

2.11.3 VERSCHLEISS DER KOLBEN, KOLBENRINGE UND ZYLINDERLAUFBAHN DURCH SCHMUTZ



BESCHREIBUNG

- Kolben: Matt geschliffenes Schafttragbild mit feinen kleinen Längsriefen an Feuersteg und Kolbenschaft.
- Abgetragene Drehrillen am Schaft.
- Verschlissene Flanken der Verdichtungsringe, insbesondere am ersten Kolbenring sowie an den Flanken der Ringnuten (Abb. 2).
- Ringhöhen Spiel der Verdichtungsringe, besonders des ersten Kolbenrings, stark erweitert. Ringhöhen Spiel der Verdichtungsringe, besonders des ersten Kolbenrings, stark erweitert.

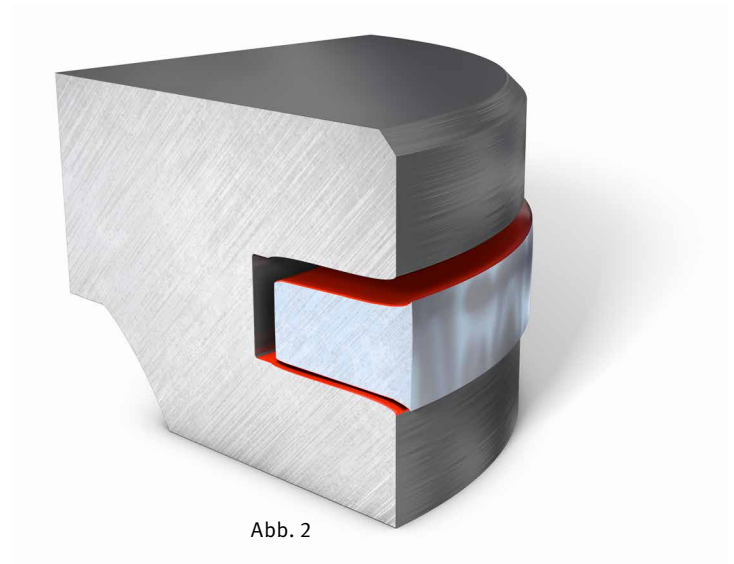


Abb. 2



Abb. 1

Abb. 3

BEURTEILUNG

Abrasiv Fremdkörper im Ölkreislauf verursachen Riefen auf den Kolben und den Kolbenringen, ein mattes Tragbild am Kolbenschaft und Rollspuren an den Ringflanken (Abb. 4 und 5). Die an den Laufflächen und Flanken verschlissenen Kolbenringe dichten die Zylinder nicht mehr ausreichend gegen Öldurchtritt in den Verbrennungsraum ab. Gleichzeitig steigt der Druck im Kurbelgehäuse durch Verbrennungsgase, die an den Kolben vorbeiströmen. Mögliche Folgen: Ölaustritt an Radialwellendichtringen, Ventilschaftabdichtungen und anderen Dichtstellen. Rollspuren an den Kolbenringen entstehen, wenn sich Schmutzpartikel in der Ringnut einlagern. Der sich drehende Kolbenring läuft in der Nut immer wieder über das Schmutzteilchen und erhält dadurch die charakteristischen Rollspuren.



Abb. 4



Abb. 5

MÖGLICHE URSACHEN

- Schmirgelnde Schmutzpartikel, die mit der Ansaugluft durch ungenügende Filterung in den Motor gelangen, durch z. B.:
 - fehlende, defekte, verformte oder schlecht gewartete Luftfilter.
 - undichtes Ansaugsystem, z. B. verzogene Flansche, fehlende Dichtungen oder defekte bzw. poröse Schläuche.
- Zurückgebliebene Schmutzpartikel von der Motorüberholung. Häufig werden Motorenteile bei der Überholung sand- oder glasgestrahlt, um die Oberflächen von hartnäckigen Ablagerungen oder Verbrennungsrückständen zu befreien. Wenn sich das Strahlgut in das Material einlagert und nicht richtig entfernt wird, kann es sich im Motorbetrieb lösen und abrasiven Verschleiß verursachen. Die Mikroskopaufnahmen in Abb. 6 und 7 zeigen einen Schmutzschaden unter polarisiertem Licht. Die Bruchstücke des Glasstrahlguts bzw. ganze Glas-kügelchen sind deutlich zu erkennen.
- Abriebteilchen, die beim Einlauf des Motors entstehen und bei zu spätem ersten Ölwechsel durch den Ölkreislauf wieder an die Gleitpartner gelangen und dort Verschleiß verursachen. Besonders die scharfen, ölabstreifenden Kanten der Kolbenringe werden geschädigt.

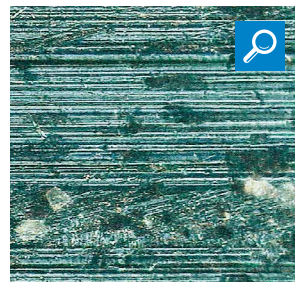


Abb. 6

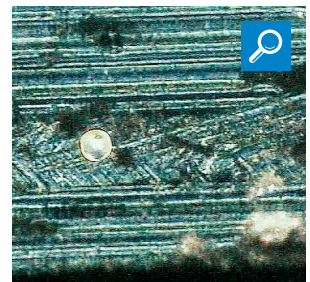


Abb. 7

2.11.4 VERSCHLEISS DER KOLBEN, KOLBENRINGE UND ZYLINDER DURCH KRAFTSTOFFÜBERSCHWEMMUNG



BESCHREIBUNG

- Starke Verschleißspuren an Feuersteg und Kolbenschaft.
- Reibstellen am Kolbenschaft – charakteristisch für einen Trockenlauf infolge einer Kraftstoffüberschwemmung.
- Kolbenringe mit starkem radialem Verschleiß (Abb. 1). Die beiden Stege (Tragflächen) des Ölabstreifrings sind abgetragen (Abb. 2). Zum Vergleich in Abb. 3: Profil eines neuen und alten Ölabstreifrings (Dachfasenschlauchfederring).
- Erhöhter Ölverbrauch.



Abb. 1

Abb. 2



Abb. 3

BEURTEILUNG

Kraftstoffüberschwemmung durch Verbrennungsstörungen führt immer zu einer Schädigung des Ölfilms. Die Folgen sind ein höherer Mischreibungsanteil und ein hoher radialer Verschleiß der Kolbenringe innerhalb kurzer Laufzeit. Erst wenn der Ölfilm durch den Kraftstoff so stark beeinträchtigt wird, dass eine Mangelschmierung entsteht, bilden sich die charakteristischen Kraftstoffreiber (siehe Kapitel „Trockenlaufreiber durch Kraftstoffüberschwemmung“). Durch die immer unwirksamere Schmierung kommt es zu beträchtlichem Verschleiß an Kolbenringen, Kolbenringnuten und Zylinderlaufflächen.

Der Kolbenschaft wird anfangs weniger geschädigt, weil dieser vom Kurbeltrieb her regelmäßig mit neuem, noch schmierfähigem Öl versorgt wird. Wenn sich die Abriebteile aus dem Hubbereich mit dem Schmieröl vermischen und das Schmieröl durch zunehmende Ölverdünnung an Tragfähigkeit verliert, breitet sich der Verschleiß auf alle Lagerstellen des Motors aus. Besonders betroffen sind die Kolbenbolzen und die Kurbelwellenzapfen.

MÖGLICHE URSACHEN

- Häufiger Kurzstreckenbetrieb und dadurch Ölverdünnung mit Kraftstoff.
- Kühlmittelbeimengung im Motoröl.
- Mangelhafte Motorölqualität.
- Kraftstoffüberschwemmung durch unvollständige Verbrennung infolge von Störungen bei der Gemischaufbereitung.
- Störungen in der Zündanlage (Zündaussetzer).
- Unzureichender Verdichtungsdruck bzw. schlechte Füllung durch verschlissene oder gebrochene Kolbenringe.
- Falsches Kolbenüberstandsmaß: Der Kolben schlägt gegen den Zylinderkopf. Die daraus resultierenden Schwingungen führen bei Dieselmotoren mit direkter Einspritzung zu unkontrolliertem Abspritzen der Einspritzdüsen und damit zu Kraftstoffüberschwemmung im Zylinder (siehe Kapitel „Anschlagspuren am Kolbenkopf“).
- Schlechte Füllung durch verstopfte Luftfilter.
- Fehlerhafte und undichte Einspritzdüsen.
- Fehlerhafte oder falsch eingestellte Einspritzpumpe.
- Fehlerhaft verlegte Einspritzleitungen (Schwingungen).
- Schlechte Füllung durch defekte oder verschlissene Turbolader.
- Schlechte Kraftstoffqualität (schlechte Selbstentzündung und unvollständige Verbrennung).

2.11.5 KOLBENRINGVERSCHLEISS KURZ NACH DER MOTORÜBERHOLUNG



BESCHREIBUNG

- Kolben ohne Schäden und Verschleiß.
- Kolbenringe oberflächlich betrachtet ohne Verschleißspuren, bei genauerer Betrachtung: Abnormale Abnutzung der ölabbstreifenden Ringkanten, vornehmlich Ringunterkanten (siehe Vergrößerung).
- Fühlbarer Grat an der Unterkante der Kolbenringlauffläche.



Abb. 1

BEURTEILUNG

Durch die abgenutzten Kolbenringkanten entstehen zwischen den Laufflächen der Kolbenringe und der Zylinderlaufbahn hohe hydrodynamische Kräfte (Abb. 2) aufgrund einer sogenannten Ölkeilbildung.

Die Kolbenringe schwimmen bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens auf dem Ölfilm auf und heben sich geringfügig von der Zylinderlaufbahn ab. Das Schmieröl gelangt so vermehrt in den Verbrennungsraum und verbrennt.

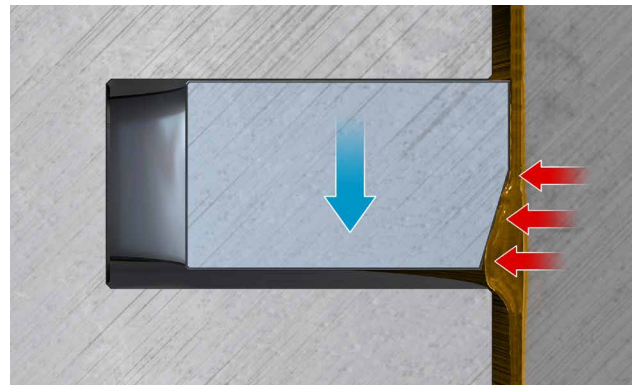


Abb. 2

MÖGLICHE URSACHEN

Die Gratbildung entsteht, wenn die Kolbenringe nach der Motorüberholung keine optimalen Verhältnisse vorfinden. Die Gründe liegen vornehmlich an einer ungenügenden oder ungeeigneten Zylinderendbearbeitung. Wenn beim Fertighonen stumpfe Honsteine verwendet werden oder mit zu hohem Druck gehont wird, entstehen an der Zylinderwand Grate und Erhebungen. Diese Metallspitzen werden in Bearbeitungsrichtung umgebogen (Abb. 3). Man spricht hier von einer Blechmantelbildung, die zu einer erhöhten Reibung in der Einlaufphase führt und verhindert, dass sich Motoröl in den feinen Graphitadern einlagern kann.

Werden diese Grate nicht durch einen abschließenden Bearbeitungsgang – dem Plateauhonen – entfernt, kommt es während der Einlaufphase zu einem frühzeitigen Verschleiß an den Kolbenringkanten. Die Kolbenringe übernehmen dabei ungewollt das Abtragen des Blechmantels und die Reinigung der Graphitadern. Dies führt jedoch zu einer Abnutzung der Kolbenringkanten und zu der Gratbildung. Ein so entstandener Grat an der Kolbenringkante läuft sich erfahrungsgemäß nur sehr schwer ab. Die geschädigten Kolbenringe müssen ausgetauscht werden.

Ein ersatzweise eingebauter zweiter Kolbenringsatz findet wesentlich günstigere, nahezu normale Laufverhältnisse vor. Denn der erste Kolbenringsatz hat die unvorteilhafte Randschicht auf der Zylinderlaufbahn, den Blechmantel, durch Verschleiß weitestgehend abgetragen. Nach dem Auswechseln der Kolbenringe normalisiert sich der Ölverbrauch. Vielfach wird dies fälschlicherweise einer schlechten Materialqualität der zuerst eingebauten Kolbenringe zugeschrieben.

Die mikroskopische Vergrößerung in Abb. 4 zeigt die umgebogenen Spitzen durch den Schnitt der Zylinderoberfläche nach dem unvorteilhaften Honen der Zylinderlaufbahn (Blechmantel). Abb. 5 zeigt die Oberfläche nach dem Plateauhonen. Die Grate und Spitzen wurden weitestgehend entfernt und die Graphitadern freigelegt. Die Kolbenringe haben gute Bedingungen für einen Einlauf und somit eine hohe Lebensdauer. Besonders wirksam ist die Herstellung des Plateaus durch Honbürsten.

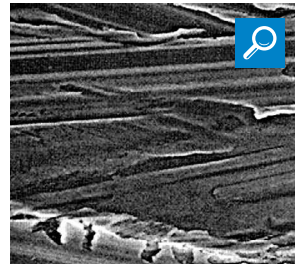


Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5

2.11.6 ASYMMETRISCHES KOLBENTRAGBILD



BESCHREIBUNG

Abb. 1:

- Kolbentragbild asymmetrisch über die gesamte Kolbenhöhe.
- Feuersteg links am Kolben über dem Bolzenauge und gegenüberliegend an der unteren Kolbenkante blank gerieben.
- Ungleichmäßiges Tragbild des Verdichtungsringes.

Abb. 2:

- Schrägläufer mit schwerpunktmäßiger Abnutzung an der unteren, rechten Kolbenkante an der Aussparung für die Kühltöldüse und unterhalb der Kolbenbolzenbohrung.



Abb. 1



Abb. 2

BEURTEILUNG

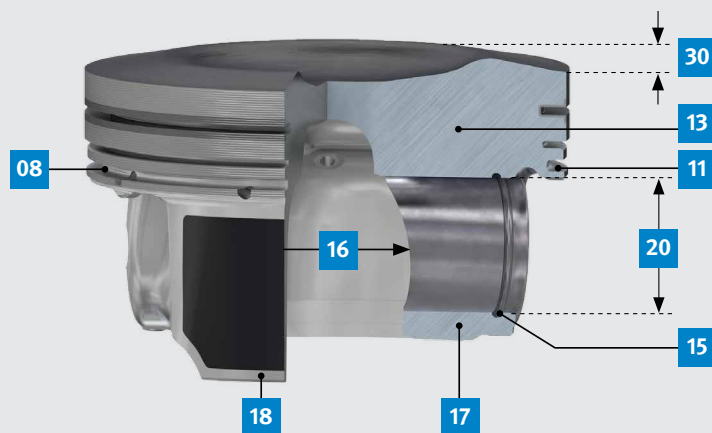
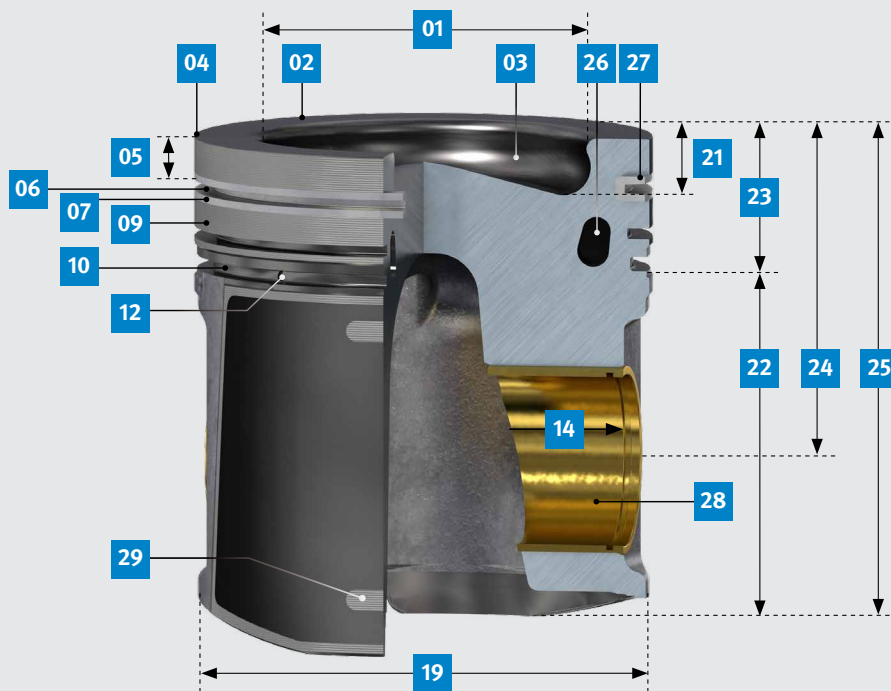
Solche asymmetrischen Tragbilder verweisen auf einen Schiefelauf des Kolbens in der Zylinderbohrung und auf eine Unparallelität zwischen Kolbenbolzen- und Kurbelwellenachse. Die Kolbenringe dichten aufgrund der schlechten Anlage am Zylinder unzureichend ab. Die heißen Verbrennungsgase blasen durch und heizen die Kolbenringe und die Zylinderwand übermäßig auf. Dadurch wird der Ölfilm geschwächt, was einen Trockenlauffresser bewirken kann. Durch den Schräglauf des Kolbens im Zylinder und durch dessen Auf- und Abwärtsbewegung entsteht an den Kolbenringen eine Pumpwirkung. Diese befördert das Öl in den Verbrennungsraum und führt zu einem erhöhten Ölverbrauch. Unter gewissen Umständen erhält der Kolbenbolzen einen Axial Schub, was einen Verschleiß oder Bruch der Bolzensicherung hervorrufen kann (siehe Kapitel „Kolbensschäden durch gebrochene Bolzensicherungen“).

MÖGLICHE URSACHEN

- Verbogene oder verdrehte Pleuelstangen.
- Schräg gebohrte Pleuelaugen.
- Zylinderbohrung nicht rechtwinklig zur Kurbelwellenachse.
- Schief montierte Einzelzylinder (Verzüge bei der Montage).
- Pleuelzapfen nicht parallel zur Kurbelwellenachse.
- Schief gebohrtes Pleuelauge (Achsenunparallelität).
- Zu großes Pleuellagerspiel, insbesondere in Verbindung mit asymmetrischen Pleuelstangen (Mittenversatz zwischen Pleuelauge und großem Pleuellager).

3. GLOSSAR

FACHAUSDRÜCKE UND BENENNUNGEN AM KOLBEN



- 01 Ø Mulde
- 02 Kolbenboden
- 03 Mulde
- 04 Bodenkante
- 05 Feuersteg (Bodensteg)
- 06 Nut für Verdichtungsring
- 07 Ringsteg
- 08 Nutgrund
- 09 zurückgesetzter Ringsteg
- 10 Nutflanken
- 11 Nut für Ölabbstreifring
- 12 Ölrücklaufbohrung
- 13 Kolbenbolzennabe
- 14 Sicherung Nutabstand
- 15 Nut für Sicherungsring
- 16 Augenabstand
- 17 Einpass
- 18 Schaftunterkante
- 19 Kolbendurchmesser 90°
entgegen der Kolben-
bolzenbohrung
- 20 Kolbenbolzenbohrung
- 21 Muldentiefe (MT)
- 22 Schaftpartie
- 23 Ringpartie
- 24 Kompressionshöhe
- 25 Kolbenlänge
- 26 Ölkühlkanal
- 27 Ringträger
- 28 Kolbenbolzenbuchse
- 29 Ø Messfenster
- 30 Bodenüberhöhung (BÜ)

ERKLÄRUNG DER FACHAUSDRÜCKE

Abgasrichtlinien

Nationale oder internationale gesetzliche Vorschriften zur Begrenzung der Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen.

abrasiv

Schleifend/schmirgelnd.

Anlagewechsel

Wechsel des Kolbens im Zylinder von der Gegendruckseite zur Druckseite bzw. umgekehrt. Der Kolben liegt bei der Aufwärtsbewegung auf der Gegendruckseite des Zylinders an und wechselt im Bereich des oberen Totpunkts zur Druckseite.

Anreiber

Vorstufe zum Fresser bei Schmierölmangel oder beginnender Spieleinengung.

Assembly

Reparatursatz bestehend aus Zylinderlaufbuchse und Kolben.

asymmetrisch

Nicht spiegelbildlich, unsymmetrisch.

Balligkeit

Leicht tonnenförmige Form des Kolbens im Schaftbereich.

Blechmantel

Herausgerissenes und zerquetschtes Material, das die Lauffläche des Zylinders bei fehlerhafter oder unvollständiger Zylinderendbearbeitung (Honen/Kreuzschleifen) bedeckt.

Blechmantelbildung

Materialverquetschung an der Zylinderlaufläche durch stumpfe Honsteine oder zu starkes Spreizen der Honsteine.

Blow-by

Leckgasmenge, die bei der Verbrennung an den Kolbenringen vorbei in das Kurbelgehäuse gelangt. Die Blow-by-Gasmenge ist dabei umso größer, je schlechter der Kolben im Zylinder abdichtet. Der Durchschnittswert für den Blow-by-Gasausstoß liegt bei 1 % der angesaugten Luftmenge.

Bruchverlauf

Bruchrichtung.

Cetanzahl

Kennzahl für die Zündwilligkeit von Dieselmotoren. Je höher die Cetanzahl, umso höher ist die Zündwilligkeit.

Chiptuning

Modifikation der Software eines Motorsteuergeräts zur Erhöhung der Motorleistung.

Common-Rail

Ausdruck für Diesel-Direkteinspritzsysteme moderner Bauart. Die elektrisch betätigten Einspritzventile werden von einer gemeinsamen Einspritzleiste (Rail) mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff gespeist.

Dauerbruch

Bruch, der nicht abrupt infolge einer Materialüberlastung entsteht, sondern sich langsam entwickelt. Die Bruchgeschwindigkeit reicht von wenigen Sekunden bis zu Stunden oder Tagen. Auslöser des Bruchs sind ein Anriss, eine Beschädigung oder Schwingungen. Die Bruchflächen sind nicht ungleichmäßig grau und matt, sondern zeigen Rasterlinien, die den schrittweisen Fortgang des Bruchs dokumentieren.

Dauerklopfen

Klopfende Verbrennung, die beim Motorbetrieb ständig anhält.

Deachsierung

Konstruktive Verlagerung der Kolbenbolzenachse um wenige 1/10 Millimeter zur Druckseite des Kolbens. Der Anlagewechsel des Kolbens im oberen Totpunkt vollzieht sich dadurch vor der eigentlichen Verbrennung. Dadurch verläuft der Anlagewechsel des Kolbens geräuschloser und sanfter, als wenn der Anlagewechsel durch die einsetzende Verbrennung und bei weit größerer Belastung geschehen würde. Bei Dieselmotoren kann die Deachsierung des Kolbenbolzens durch die hohen Temperaturen auch auf der Gegendruckseite vorhanden sein.

Direkteinspritzmotor

Motoren, bei denen der Kraftstoff direkt in den Verbrennungsraum eingespritzt wird.

Druckseite

Die Kolben- oder Zylinderseite, auf der sich der Kolben während der Verbrennung abstützt. Die Druckseite liegt entgegengesetzt zur Drehrichtung der Kurbelwelle.

Erosion

Materialabtragung durch die kinetische Energie von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen, die auf die Oberfläche einwirken.

Expansionshub

Arbeitstakt.

Faserverstärkung

Faserverstärkung des Muldenrands bei Kolben von Diesel-Direkteinspritzmotoren. Vor dem Gussvorgang wird ein Faserring aus Aluminiumoxid in die Kolbengießform eingelegt und während des Gussvorgangs vom flüssigen Aluminium penetriert. Der Muldenrand wird dadurch widerstandsfähiger gegenüber Rissbildung. Faserverstärkungen sind nur beim Gießpressverfahren möglich, bei dem das Aluminium unter hohem Druck (ca. 1.000 bar) in die Gießform gepresst wird.

Gegendruckseite

Der Druckseite gegenüberliegende Kolben- oder Zylinderseite.

Gewaltbruch

Bruch, der bei Überlastung in Bruchteilen einer Sekunde ohne vorhergehenden Anriss entsteht. Die Bruchflächen sind matt, körnig und nicht verrieben.

Glühzündung

Selbstentzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches vor der eigentlichen Entzündung durch die Zündkerze. Die Glühzündung wird eingeleitet durch ins Glühen gekommene Bauteile (Zylinderkopfdichtung, Zündkerze, Auslassventil, Ölkohleablagerungen o. ä.).

Graphitadern

Einlagerungen von Graphit in das Grundmaterial beim Lamellengraphitguss (Gauguss). Werden die bei der Zylinderendbearbeitung angeschnittenen Adern durch Honbürsten gereinigt, kann sich dort Öl zur Kolbensmierung einlagern.

Graphitfreilegungsquote

Anzahl der beim Honbürsten freigelegten Graphitadern, die Richtgröße liegt bei $\geq 20\%$.

Honbürsten

Letzter Bearbeitungsgang beim Honen. Die Zylinderoberfläche wird von Spitzen und Graten befreit, die Graphitadern werden freigelegt und gereinigt. Durch Honbürsten ist eine Graphitadernfreilegungsquote bis 50 % erreichbar.

Honen

Zylinderendbearbeitung durch Kreuzschleifen.

Honstruktur

Charakteristisches Schliffbild, das beim Kreuzschleifen (Honen) entsteht.

Kavitation

Aushöhlung von Werkstoffen, die von Wasser oder anderen Flüssigkeiten umspült werden. Bei Unterdruckbildung und Temperatur an der Oberfläche entstehen, wie beim Kochen, Dampfbläschen, die sofort wieder zusammenfallen.

Beim Zusammenfallen prallt die Wassersäule mit großer Wucht auf das Material zurück und reißt dabei kleinste Materialpartikel aus der Oberfläche. Ausgelöst wird die Bläschenbildung durch Schwingungen oder starken Unterdruck.

Kipprichtung

Drehrichtung um die Kolbenbolzenachse. Da der Kolben nicht um diese Achse rotiert, sondern im Zylinder nur hin und herkippt, spricht man von Kipprichtung.

Klopffestigkeit

Wiederstandsfestigkeit des Ottokraftstoffs (Benzin) gegen Selbstentzündung.

Kolbenabwärtsbewegung

Bewegung des Kolbens in Richtung Kurbelwelle während des Ansaug- und Arbeitstakts (Viertaktmotor).

Kolbenaufwärtsbewegung

Bewegung des Kolbens von der Kurbelwelle weg in Richtung Zylinderkopf (Verdichtungs- und Ausstoßtakt, beim Viertaktmotor).

Kolbeneinbauspiel

Spiel zwischen Kolben und Zylinder, das den Freigang des neuen Kolbens im Zylinder beim Einbau und während des Betriebs gewährleistet.

Der neue Kolben verformt sich während der ersten Betriebsstunden noch bleibend; man spricht vom Einfall des Kolbens. Ursachen sind zum einen die Erwärmung und die dadurch eintretenden Gefügeveränderungen, zum anderen mechanische Beanspruchung. Das Kolbengrößtmaß, das immer im Schaftbereich liegt, ist deshalb während der Einlaufphase noch Maßveränderungen unterworfen; diese fallen je nach Bauform, Materialzusammensetzung und Belastung unterschiedlich aus. Dies ist ein normales Betriebsverhalten von Aluminiumkolben und stellt keinen Grund zur Beanstandung dar. Auch bei Kolbenschäden, die durch Mangelsmierung, Überhitzung oder motorischer Überlastung entstehen, verformt sich der Kolbenschaft plastisch. Dies hat noch stärkere Verformungen und Maßveränderungen zur Folge.

In Schadensfällen wird häufig das Kolbeneinbauspiel zur Beurteilung des Verschleißes herangezogen bzw. es werden fälschlicherweise hinterher Einbauspiele nachgerechnet. Dies ist jedoch nicht möglich da der gelaufene Kolben nicht mehr die Form und Maßhaltigkeit des ursprünglichen Neuteils besitzt. Oftmals wird das Kolbengrößtmaß am Schaft für zu klein befunden und ein Kolbenverschleiß vermutet, obwohl die feinen Bearbeitungsrillen oder die Beschichtung am Kolbenschaft vollständig erhalten sind.

Anhand der ermittelten Kolbenmaße eines gelaufenen Kolbens und den daraus errechneten Einbauspiele kann die Qualität einer Motorinstandsetzung nicht beurteilt werden. Auch ein Rückschluss auf die Materialqualität und die Maßhaltigkeit des Kolbens im Neuzustand ist nicht möglich.

Wenn das Einbauspiel zu klein ist, können Spielfresser (siehe Kapitel „Spielfresser“) entstehen. Ist das Einbauspiel zu groß, führt dies im Kaltzustand des Motors zu einer erhöhten Geräuschentwicklung durch das Kolbenkippen. Kolbenfresser, erhöhter Ölverbrauch oder andere Schäden können dadurch nicht entstehen.

Das Einbauspiel darf nicht mit dem Laufspiel des Kolbens verwechselt werden. Das Laufspiel stellt sich erst nach der Wärmedehnung des Kolbens ein und kann nicht gemessen werden.

Kolbenkippen

Anlagewechsel des Kolbens im Zylinder von der Druck- zur Gegendruckseite und umgekehrt. Das Kolbenkippen ist nach dem Verbrennungsgeräusch das zweitlauteste Geräusch beim Hubkolben-Verbrennungsmotor.

Kolbenlaufspiel

Das Kolbenlaufspiel stellt sich während des Betriebs nach der Wärmedehnung der Bauteile ein. Da diese unterschiedliche Konstruktionsmerkmale und Wandstärken aufweisen, verändert der Kolben beim Erwärmen seine Form. Der Kolben dehnt sich dabei im Bereich größerer Materialstärken stärker aus, was bei der Konstruktion entsprechend berücksichtigt wird.

Kolbentragbild

Laufbild am Kolbenschaft, Fläche auf der der Kolbenschaft am Zylinder anliegt.

Kolbenüberstand

Überstand des Dieselskolbens im oberen Totpunkt über die Zylinderblockdichtfläche hinaus. Das Überstandsmaß ist ein wichtiges Maß und muss bei der Überholung von Motoren genau eingehalten und kontrolliert werden. Denn dies garantiert, dass das Verdichtungsverhältnis stimmt und der Kolben nicht am Zylinderkopf anschlägt.

Kraftstoffüberschwemmung

Übermäßige Kraftstoffeinbringung in den Verbrennungsraum. Der Kraftstoff schlägt sich aufgrund schlechter Zerstäubung oder überfetten Gemisches an den Bauteilen nieder und kann den Ölfilm auf der Zylinderlauffläche verdünnen oder abwaschen. Folge: Mangelschmierung, die zu Reibern oder Fressern führen kann.

Kühlkanalkolben

Thermisch höher belastete Kolben werden mit einem Kühlkanal im Kolbenboden ausgeführt. In diesen eingegossene Kühlkanal wird im Motorbetrieb Öl eingespritzt.

Lambdaregelung

Regeleinrichtung im Benzinmotor, die das Verhältnis der zugeführten Luft- und Brennstoffmenge regelt.

Mangelschmierung

Mangelschmierung entsteht, wenn der Ölfilm geschwächt wird und somit seine Funktion eingeschränkt ist. Ursachen: Zu wenig Öl, ein durch Kraftstoff verdünnter Ölfilm oder der Ölfilm reißt. Die Folgen sind zunächst Mischreibung und schließlich Reiben oder ein Fressen der Bauteile.

Materialeinfall

Gefüge- und daraus resultierende Formveränderung des Kolbenschafts beim gelaufenen Kolben (siehe „Kolbeneinbauspiel“).

Mischreibung

Mischreibung entsteht, wenn zwischen zwei Gleitpartnern, die durch einen Ölfilm voneinander mechanisch getrennt sind, der Ölfilm geschwächt wird. Einzelne Materialerhebungen des einen Gleitpartners kommen dadurch in Kontakt mit den Materialspitzen des anderen und reiben metallisch aufeinander. Mischreibung wird auch als halbfüssige Reibung bezeichnet.

Oktanbedarf

Der Oktanbedarf eines Motors ergibt sich aus seinen Konstruktionsmerkmalen. Er steigt mit zunehmendem Verdichtungsverhältnis, Motortemperatur, Frühzündung, Füllung, Motorlast und unvorteilhafterer Brennraumgestaltung. Die Oktanzahl eines Motors (MOZ = Motoroktanzahl) sollte stets einige Punkte unter der Oktanzahl des zur Verfügung stehenden Kraftstoffs liegen. Denn dies verhindert einen klopfenden Motorbetrieb in allen Betriebszuständen.

Oktanzahl

Die Oktanzahl eines Kraftstoffs (ROZ = Research-Oktanzahl) kennzeichnet die Klopfestigkeit eines Ottokraftstoffs. Je höher die Oktanzahl, desto klopfester ist der Kraftstoff.

Ölverdünnung

Von Ölverdünnung spricht man, wenn das Öl durch Kraftstoff verdünnt ist. Ursachen: Häufiger Kurzstreckenbetrieb, Störungen in der Gemischaufbereitung oder der Zündanlage, mangelnde Verdichtung durch mechanische Motorprobleme. Unverbrannter Kraftstoff schlägt sich an der Zylinderwand nieder, vermischt sich dort mit dem Öl und gelangt so auch in die Ölwanne. Die Viskosität und die Schmierfähigkeit des Öls werden herabgesetzt und der Verschleiß und Ölverbrauch erhöht sich.

Plateauhonen

Endbearbeitung beim Zylinderschleifen, bei der die Spitzen der Materialoberfläche abgeschnitten werden und ein sogenanntes Plateau hergestellt wird. Dadurch wird die Oberfläche geglättet, das Einlaufverhalten verbessert und der Verschleiß reduziert.

Pleuefluchtfehler

Unparallelität zwischen Kurbelwellen- und Kolbenbolzenachse.

Pressfit

Trockene Zylinderlaufbuchse, die mithilfe eines speziellen Gleitmittels in die Zylindergrundbohrung eingepresst wird. Es handelt sich fast immer um semi-finished Buchsen, d. h. die Zylinderbohrung muss anschließend noch durch Bohren und Honen endbearbeitet werden. Vorteil: Die Buchse sitzt fest in der Zylindergrundbohrung.

Pumpe-Düse

Spezielle Konstruktion beim Diesel-Direkteinspritzmotor, bei der Einspritzdüse und Druckerzeugung (Pumpe) eine Einheit bilden und direkt im Zylinderkopf eingebaut sind. Erzeugt wird der Einspritzdruck über einen Pumpenkolben, der im Gegensatz zur Verteiler- oder Reiheneinspritzpumpe direkt von der Nockenwelle des Motors betätigt wird. Die Einspritzdüsen werden elektrisch betätigt. Einspritzzeit und -menge werden elektronisch von einem Steuergerät geregelt.

Quetschfläche

Teil des Kolbenbodens, der sehr nahe an den Zylinderkopf herankommt. Das Gemisch wird am Ende des Verdichtungsstaktes aus dem Randbereich immer enger in die Mitte des Verbrennungsraums gequetscht. Dies führt zu einer Verwirbelung der Gase und zu einer besseren Verbrennung.

Rasterlinien

Linien, die auf den Bruchflächen von Dauerbrüchen zu finden sind und durch das relativ schnelle Fortschreiten des Bruchs verursacht sind. Der Bruch geschieht stückweise. Für jedes weitere durchgebrochene Stück wird eine Rasterlinie erzeugt. Der Bruchausgang liegt im Zentrum der Rasterlinien.

Reiber

Erster Kontakt zweier Gleitpartner, der aufgrund einer Schmierfilmschädigung entsteht. Im Gegensatz zum Fresser wird beim Reiber die Oberfläche anders strukturiert, aber maßlich noch kaum verändert.

Ringträger

In den Aluminiumkolben eingegossener Ring aus Gusseisen mit hohem Nickelanteil, in den die erste Ringnut eingestochen wird. Der erste, manchmal auch der zweite Verdichtungsring sitzt damit

in einer verschleißfesten Nut. Dies ermöglicht höhere Arbeitsdrücke und somit höhere Belastungen. Ringträger werden bei Dieselskolben nach dem Alfin-Verfahren eingesetzt.

Rippenzylinder

Zylinder bei vornehmlich luftgekühlten Motoren, die an der Außenseite mit Kühlrippen zur Motorkühlung versehen sind.

Rollspuren

Verschleißspuren an den Kolbenringflanken infolge eines Staub- oder Schmutzeintrags in den Motor. Der sich in der Kolbenringnut einlagernde Schmutz verursacht in der Nut und der Kolbenringflanke Verschleißspuren. Sie entstehen dadurch, dass sich der Kolbenring dreht und der Schmutz somit wiederkehrende Muster in die Oberfläche kratzt.

Schlackenzeile

Schlackenrest, der sich bei der Warmverformung von Motorteilen bei der Herstellung (Ventile, Kolbenbolzen u.a.) ins Material einlagert. Im späteren Motorbetrieb kann er eine Materialschwächung und damit einen Bruch verursachen.

Schleuderöl

Öl, das bestimmungsgemäß aus den Lagerstellen der Kurbelwelle austritt. Es dient dazu, die Zylinderlaufflächen von unten mit Öl zu benetzen und zu schmieren.

Schrägläufer

Kolben, der durch ein verdrehtes oder verbogenes Pleuel im Zylinder verkantet läuft und beim Ausbau ein asymmetrisches Tragbild zeigt.

Schrumpfpleuel

Pleuel, bei dem der Kolbenbolzen fest mit dem Pleuel verbunden ist. Beim Zusammenbau des Kolbens mit dem Pleuel wird das Pleuelauge erhitzt und der Kolbenbolzen stark abgekühlt. Durch die Schrumpfung des Kolbenbolzens und die Ausdehnung der Pleuelbohrung entsteht ein Luftspalt, der es erlaubt, den Kolbenbolzen von Hand einzuschieben. Beim anschließenden Abkühlen bzw. Erwärmen der Bauteile wird das Spiel eliminiert und der Kolbenbolzen in dem Pleuel festgeklemt.

Der Kolben muss beim Einschrumpfen des Kolbenbolzens in das Pleuelauge nicht erwärmt werden.

Slipfit

Trockene Zylinderlaufbuchse, die von Hand in den Zylinderblock eingeschoben werden kann. Diese ist meistens schon endbearbeitet d. h. die Zylinderbohrung muss anschließend nicht mehr gebohrt und gehont werden. Nachteil: Spiel zwischen Zylinderlaufbuchse und -grundbohrung.

Spaltmaß

Verbleibender Raum zwischen Kolbenboden und Zylinderkopf im oberen Totpunkt des Kolbens. Bei der Überholung eines Motors ist zu beachten, dass das Spaltmaß nach Herstellerangabe eingehalten wird (siehe „Kolbenüberstand“).

Das Spaltmaß wird auch Bleimaß genannt, weil dieses mithilfe eines Bleidrahts ermittelt werden kann: Der Bleidraht wird beim Zusammenbau in den Zylinder eingelegt und der Motor einmal durchgedreht. Dabei wird der Bleidraht flachgedrückt und kann anschließend nachgemessen werden. Das Maß, das anhand des gequetschten Drahts ermittelt wird, ist das Bleimaß.

Tangentialspannung

Kraft, die den Kolbenring im eingebauten Zustand gegen die Zylinderwand drückt.

Totpunkt

Punkt, an dem die Laufrichtung des Kolbens, bei dessen Auf- und Abwärtsbewegung im Zylinder, umgekehrt wird. Man unterscheidet nach unterem und oberem Totpunkt.

Vorkammer

Teil des Verbrennungsraums bei indirekt einspritzenden Dieselmotoren. Der Kraftstoff wird in die Vorkammer eingespritzt und entzündet sich. Durch den in der Vorkammer entstehenden Überdruck bewegt sich der Kolben nach unten.

Wirbelkammer

Teil des Verbrennungsraums bei indirekt einspritzenden Dieselmotoren. Im Unterschied zur Vorkammer ist die Austrittsöffnung der Kammer größer und mündet tangential in die Wirbelkammer. Bei der Verdichtung wird die Luft, die in die Kammer einströmt, aufgrund der Form der Kammer stark verwirbelt. Dies begünstigt eine gute Verbrennung.

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

www.rheinmetall.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 973-01 – DE – 05/15 (112019)



4 028977 480416