

Bild 6.311  
Kavitation an der unteren  
Zylinderbuchsen-Aufnahme-  
bohrung

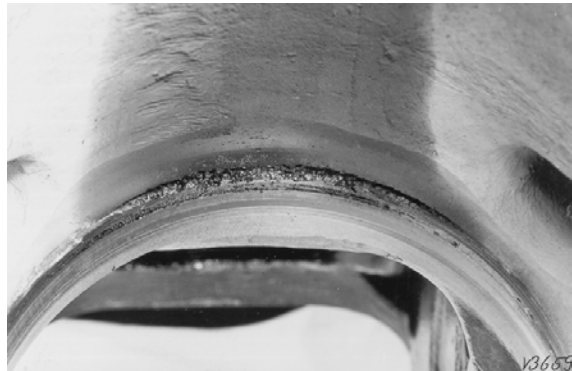
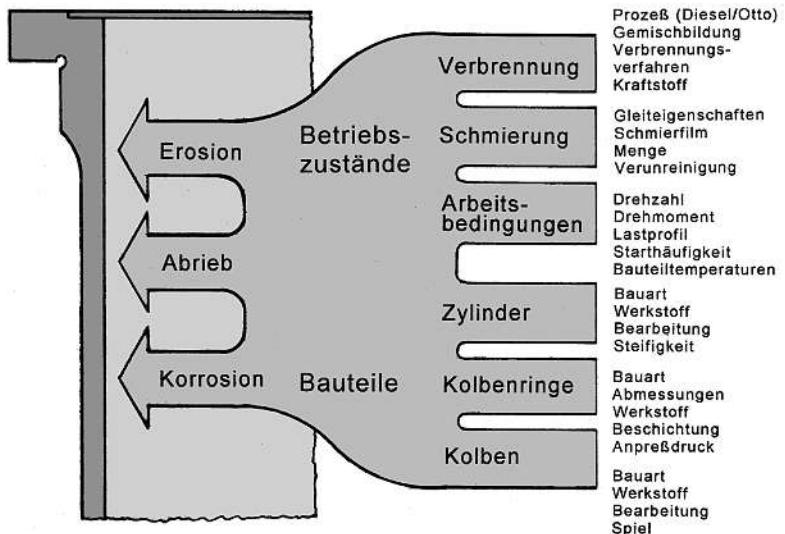


Bild 6.312  
Einflussgrößen  
auf den Zylinder-  
verschleiß



## Schäden an Zylindern

### Verschleiß

Zylinderverschleiß ist unvermeidlich. Entscheidend sind Verschleißrate und Bereiche der Zylinderlaufbahn, an denen der Verschleiß auftritt. Zylinderverschleiß ist von mehreren Faktoren bestimmt (Bild 6.312).

Da oft die Betriebsbedingungen mehr den Verschleiß beeinflussen als Werkstoff, Gefüge und Oberflächenbeschaffenheit, ist die Bandbreite der Verschleißerscheinungen groß. Entscheidend ist der Einlauf. Angestrebt wird ein schnelles Einlaufen unter Vermeidung von Brandspurbildung an Kolbenringen und von Riefen in der Laufbahn. Die Verschleißprodukte (Eisenoxide) wirken als Schmirgel. Einfluss auf die Gleiteigenschaften hat auch die Form der Zylinder, d.h. Rundheit bzw. Unrundheit und Mantellinienverlauf. Der Verschleiß der Zylinderlaufbahnen tritt in unterschiedlichen Erscheinungsformen auf (Bild 6.313).

### Schematischer Verlauf von Zylinderverschleiß (nach Aeberli und Lustgarten)



Bild 6.313 Der Zylinderverschleiß größerer und großer Dieselmotoren setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen.

#### Zwickelverschleiß

Im Bereich des oberen Umkehrpunktes des ersten Kolbenrings bricht der hydrodynamische Schmierfilm zusammen. Das liegt daran, dass die Kolbengeschwindigkeit bei OT null ist und dass wegen der Kompression und einsetzender Verbrennung der Gasdruck sehr groß ist. Deshalb arbeitet der oberste Kolbenring im verschleißkritischen Mischreibungszustand. Begünstigt wird der Verschleiß noch von Korrosion, wenn bei Unterschreitung des Taupunktes mit  $\text{SO}_2$  aus dem Verbrennungsgas schwefelige Säure gebildet wird. Der Zwickelverschleiß nimmt mit größeren Gasdrücken und schlechteren Kraftstoffen (Schweröl) zu (s. Bild 6.314).

Bei extremem Verschleiß am Umkehrpunkt des obersten Kolbenrings im Zylinder kann das Anstoßen des 1. Rings zu Ringstegbrüchen am Kolben führen. Diese Gefahr besteht insbesondere, wenn bei Reparaturen eine notwendige Nacharbeit des Zylinders unterblieben ist.

#### Adhäsiver Verschleiß

Zwischen den Werkstoffen der Gleitpartner bilden sich im Mikrobereich «Kontaktbrücken», die nachfolgend wieder getrennt werden, so dass Partikel aus der Zylinderwand herausgerissen werden (Bild 6.315).

#### Abriebverschleiß (abrasiver Verschleiß)

Partikel im Kraftstoff, vor allem in solchem schlechter Qualität, gelangen an die Zylinderlaufbahn und wirken als Schmirgel (Bild 6.316).

Wenn Ölkohlepartikel aus dem Brennraum die Zylinderlaufbahn im oberen Drittel des Kolbenhubs polieren, dann entstehen blanke Flächen. Diese breiten sich über größere Bereiche des Zylinders aus (Bilder 6.317 und 6.318).

Eine Besonderheit des Abriebverschleißes ist die Spiegel- bzw. Glanzstellenbildung (*bore-polishing*) (Bilder 6.319 bis Bild 6.321). Darunter ist ein Glättungsverschleiß am Zylinder infolge der schleifenden Wirkung von Ölkohleablagerungen am Feuersteg



Bild 6.314  
Korrosiver Verschleiß [Quelle: MTZ]

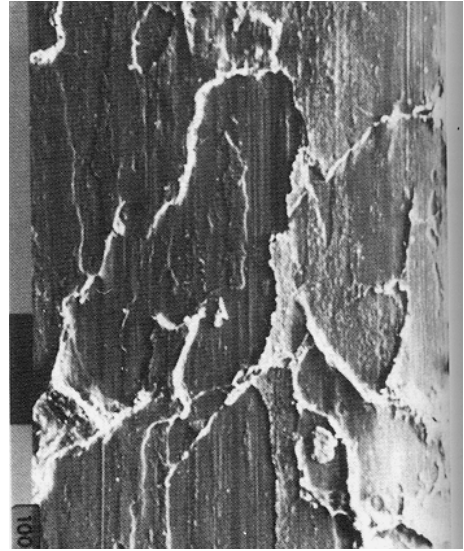


Bild 6.315  
Adhäsiver Verschleiß [Quelle: MTZ]

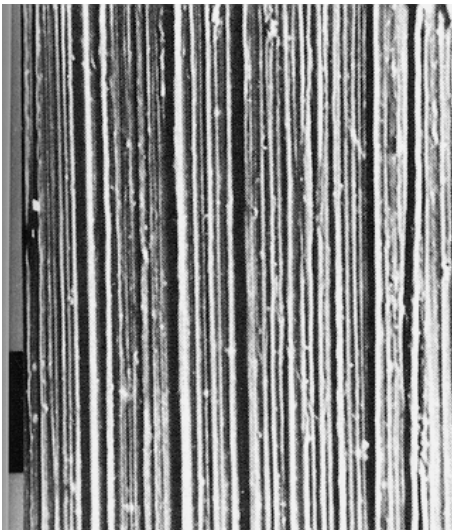


Bild 6.316  
Abrasier Verschleiß [Quelle: MTZ]

des Kolbens zu verstehen. Ölkohleablagerungen im Grund der Kolbenringnuten führen zum «Kolbenringreiten», das ebenfalls zur Spiegelbildung beiträgt. Die Bezeichnung erklärt sich aus den spiegelblanken Flächen auf der Zylinderlaufbahn. Spiegelbildung führt zu größeren Durchblaseverlusten an den Kolbenringen (Blow-by) und lässt den Ölverbrauch zunehmen. Das führt schließlich wegen lokalem Ölmangel zu Ring- und Kolbenfressern.

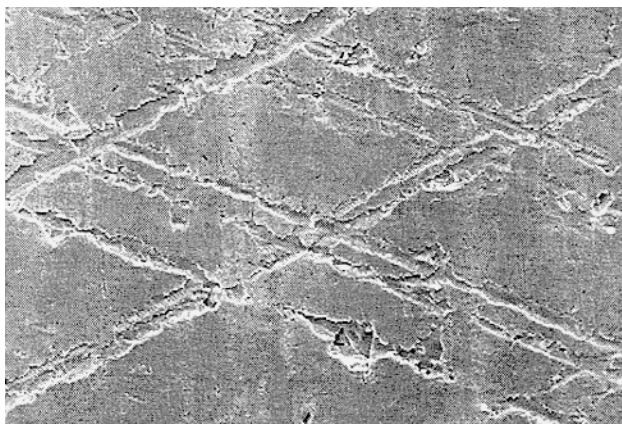


Bild 6.317  
Laufflächenausbildung  
einer Blankstelle:  
Geglättete und  
verschlossene  
Honplateaus mit in die  
Honriefen geschobenen  
Verformungsungen



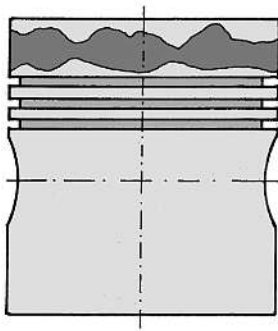
Bild 6.318  
Laufflächenausbildung  
außerhalb der  
Glättungszone

Hatte man zunächst versucht, mit größerem Spiel am Feuersteg Besserung zu schaffen, so ist es gelungen, mit einem Flammring (sog. Koksring, Bild 6.322) eine wirksame Abhilfe für größere Motoren zu finden. Der Flammring ist ein in eine Ausdrehung innen im OT-Bereich der Zylinderbuchse eingesetzter Gusseisenring, der geringfügig über die Zylinderlauffläche hervorsteht. Er verkleinert beim oberen Totpunkt das Spiel am Feuersteg des Kolbens und stößt übermäßig aufgebaute Ölkohleablagerungen vom Feuersteg ab. Auch mit dem Öl kann mit *Super High Performance Dieseloils (SHPD)*, *S3-Öle* oder *Long Distance Oils (LDO)* der Spiegelbildung begegnet werden [6.27].

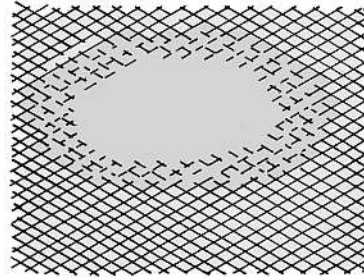
### Riefen

Kolben- und Kolbenringfresser, Kraftstoffüberschwemmung, Fremdpartikel aus der Verbrennungsluft sowie Verschleiß- und Abriebpartikel verursachen axial verlaufende Riefen in der Zylinderlaufbahn.

## Spiegelbildung („bore-polishing“)



Ölkohleablagerung  
am Feuersteg



Die Honriefen sind nicht mehr erkennbar, die spiegelglatte Oberfläche kann kein Öl für tribologisch kritische Betriebszustände „halten“.

Ungleichmäßiger Glättungsverschleiß der Zylinderlauffläche durch die abschleifende Wirkung von Ölkohleablagerungen am Feuersteg des Kolbens.

Bild 6.319 Spiegelbildung an Zylinderlaufflächen (Schema)

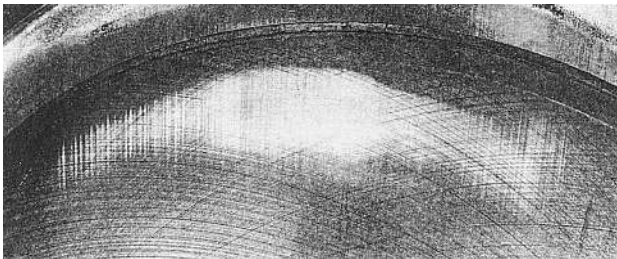


Bild 6.320  
Ausgeprägte flächenhafte  
Spiegelbildung

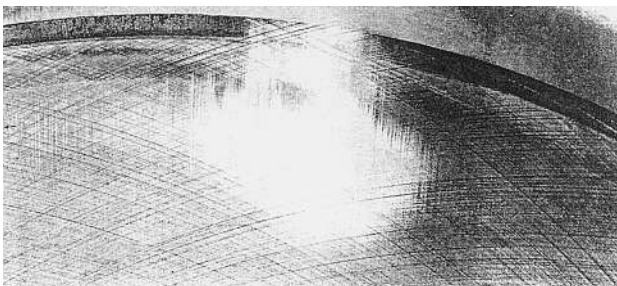


Bild 6.321  
Ausgeprägte engflächige  
Spiegelbildung

## Fresser

Kolben- und Kolbenringfresser wirken sich natürlich immer auf die Zylinder bzw. Zylinderbuchsen aus (Bild 6.323). Es handelt sich in solchen Fällen oft um Folgeschäden. Die Ursachen können zwar beim Zylinder bzw. der Zylinderbuchse zu finden sein, sind in den meisten Fällen aber auf Kolbenringe und Kolben bzw. auf die Wechselwirkung der Gleitpartner zurückzuführen.

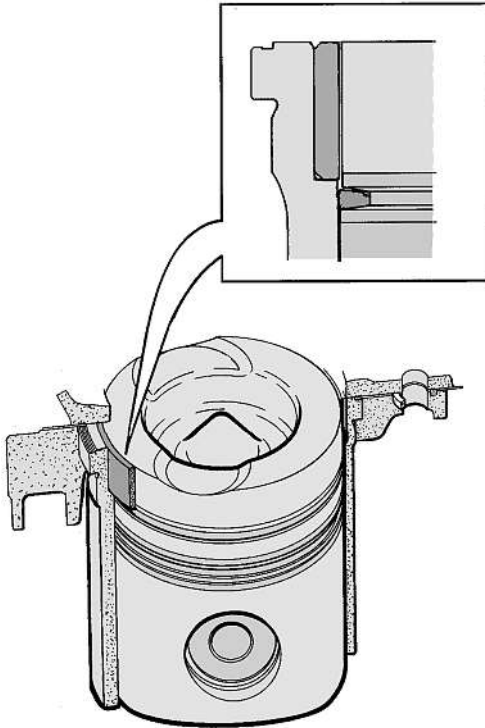


Bild 6.322  
Zylinderbuchse mit Flammring

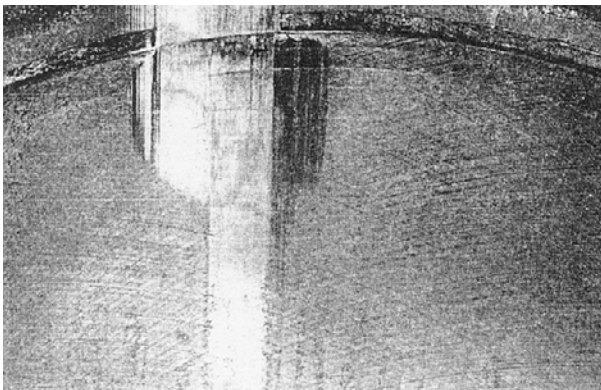


Bild 6.323  
Streifenförmiger Fresser an  
der Zylinderlaufbahn als  
Folge eines Ringfressers