

*Beispiel:* Bei einem Reisebus mit Heckanordnung des Motors platzte während einer Überlandfahrt ein Kühlwasserschlauch. Der folglich eingetretene Kühlwasserverlust ließ die Motortemperatur so zunehmen, dass alle Kolben im oberen Bereich der Zylinderbuchsen – mehr oder weniger – festgingen («fraßen», Bilder 6.324 und 6.325). Der Busfahrer bemerkte den Schaden erst, als der Motor an Leistung verlor und das Fahrzeug zum Stillstand kam. Dieser Schaden wäre ohne Weiteres vermeidbar gewesen, wenn neben der optischen Anzeige der Kühlwassertemperatur auch ein akustisches Signal bei Erreichen eines maximal zulässigen Grenzwertes gewarnt hätte. Der Fahrzeugführer kann Motorbetriebswerte wie die Kühlwassertemperatur oder den Motoröldruck nicht laufend im Auge behalten – dazu wird er vom Verkehrsgeschehen viel zu sehr beansprucht. Die eigentliche Ursache dieses vermeidbaren Schadens ist ein Planungsfehler des Fahrzeugherstellers.

Bild 6.324  
Fressspuren in Zylinderbuchsen  
als Folge zu großer  
Motortemperatur

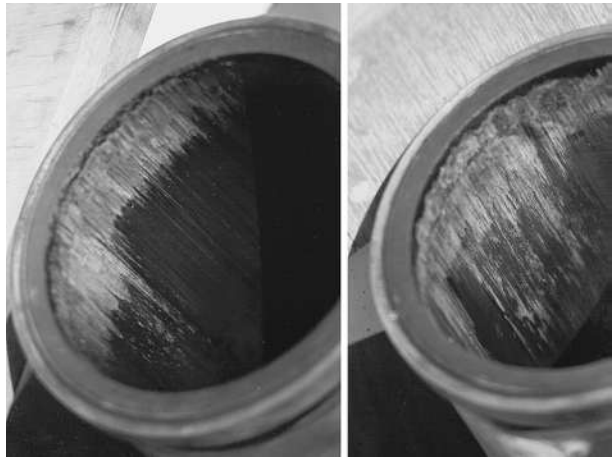


Bild 6.325  
Kolben, im Zylinder  
festgefressen als Folge  
zu heißer  
Motortemperatur



*Beispiel:* Die Zylinder eines luftgekühlten Motors waren im Laufe des Betriebs mit Staub so verschmutzt, dass die Zwischenräume zwischen den Zylinderrippen weitgehend zugesetzt waren. Der Wärmeübergang wurde so sehr verschlechtert, dass es zu Überhitzung und extremen Kolbenfressern kam (Bild 6.326). (Anm.: Da Staub von an Undichtigkeiten ausgetretenem Öl gebunden wird, sollten die Stoßstangenrohre luftgekühlter Motoren in Strömungsrichtung der Kühlluft nach den Zylindern angeordnet sein.)



a)



b)

Bild 6.326

Kolbenfresser eines luftgekühlten Motors als Folge von Überhitzung wegen extrem verschmutzter Kühlrippen

a) Zylinder

b) Kolben

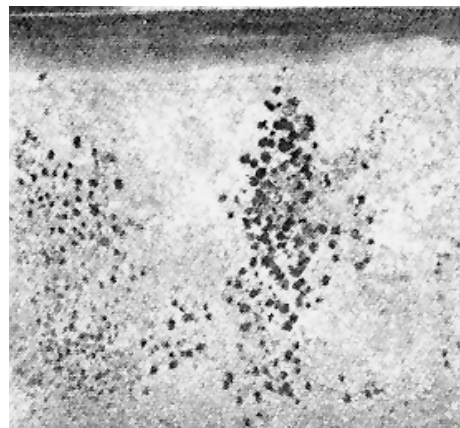
## Kavitation

In einer eng begrenzten Wandzone der kühlmittelseitigen Druckseite von Zylinderbuchsen kann es bei «hartem» Anlagewechsel des Kolbens zu Kavitation kommen. Die Buchse wird beim Anschlagen des Kolbens zu Schwingungen angeregt. Die Buchse verformt sich mit großer Geschwindigkeit. Beim Rückfedern der Buchsenwand kann das Kühlmittel dieser Verformung nicht mehr folgen. Der Dampfdruck wird örtlich unterschritten. Die Dampfblasen implodieren mit den bekannten Folgen. Die Wirkung der Kavitation wird von Korrosion noch verstärkt, wenn im Kühlmittel genügend freier Sauerstoff zur Oxidbildung zur Verfügung steht (Bilder 6.327 und 6.328).



Bild 6.327 Zylinderbuchsen mit Kavitationserscheinungen

Bild 6.328  
Kavitation an einer Zylinderbuchse  
Detailaufnahme der Erosionsstellen



Mit folgenden Maßnahmen kann der Zylinderkavitation begegnet werden:

- ❑ größerer Systemdruck im Kühlkreislauf,
- ❑ Entgasung des Kühlmittels (Gasabscheidung im Ausgleichsbehälter, Kühlmittelaufbereitung),
- ❑ Kolbenauslegung
  - kleine Kolbenspiele (ergeben kleinere Stoßkräfte beim Seitenwechsel der Kolben);
  - Regelkolben. Mit der Verwendung von sogenannten Regelkolben (Kolben mit regulierter Wärmedehnung) gelang es, die Zylinderbuchsenkavitation bei einem Lokomotivdieselmotor weitgehend zu vermeiden;
  - Kolbendesachsierung zur Druckseite (s. Bild 6.337) Darunter ist zu verstehen, dass der Kolbenbolzen von der Kolbenmittelachse aus um wenige Zehntel Millimeter (etwa 1 % des Kolbendurchmessers) zur Druckseite hin versetzt ist. Da bei Dieselmotoren, um den Ölkohleaufbau zu verringern, nach der Gegendruckseite desachsirt wird, müssen Vor- und Nachteile dieser konträren Maßnahmen im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden.

### Spaltkavitation

Um die Übertragung von Druckschwingungen im Kühlmittel auf die Dichtringe beim unteren Buchseneinpass (s. Bild 6.311) zu dämpfen, werden sog. Dämpfungsspalte vorgesehen, die aber ihrerseits das Entstehen von Spaltkavitation begünstigen. Diese entsteht, wenn bei Zylinderbuchsen-schwingungen das Kühlmittel so schnell in den Spalt hineingesogen wird, dass der Dampfdruck unterschritten wird.

### Risse und Brüche

Risse – und daraus erwachsend – Brüche treten bevorzugt im Bundbereich der Zylinderbuchsen auf. Sie können mehrere Ursachen haben (Bilder 6.329 bis 6.331):

- ❑ falsche Zylinderkopfdichtung,
  - ❑ Formungenauigkeiten der Buchsenbundauflage im Kurbelgehäuse,
  - ❑ Montagefehler infolge zu sehr oder zu wenig angezogener Zylinderkopfschrauben.
- Bei zu wenig angezogenen Zylinderkopfschrauben können sich der Buchsenbund

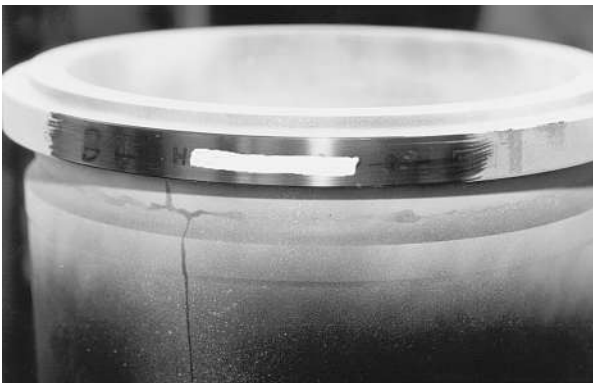
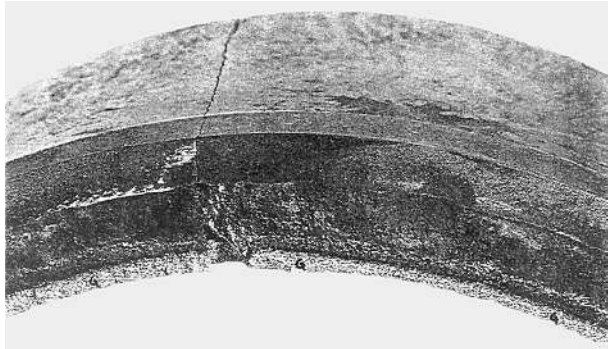


Bild 6.329  
Gerissene Zylinderbuchse  
Riss am dünnsten  
Querschnitt der Laufbuchse  
mit Versatz der Bruchlinien

Bild 6.330  
Gereinigte Zylinderlauf-  
buchse mit nachträglich zur  
Befundung aufgebrochenen  
Rissen



Bild 6.331  
Detailaufnahme des  
Zylinderbuchsenrisses



und die Buchsenbundaufgabe im Kurbelgehäuse relativ zueinander bewegen. Es entsteht Reibrost, der Risse im Buchsenbund sowie in der Buchsenbundaufgabe im Kurbelgehäuse verursacht.

- ❑ Unebene Bundaufgabe auf dem Balkonsitz als Folge von Korrosion, Reibrostbildung, Fremdpartikeln, Kesselsteinablagerung,
- ❑ Hohlkehlenbruch, der von korrosivem Angriff verursacht wird.

*Beispiel:* Die Buchse eines Schiffsmotors wies nach längerer Betriebsdauer Quer- und Längsrisse zwischen Buchsenbund und oberem Einpass der Laufbuchse sowie dazu versetzte Längsrisse auf. Die Risse reichen bis in den Verbrennungsraum und haben zu Gasundichtigkeit und zum Sprudeln von Abgas im Kühlwasserausgleichsbehälter geführt. Infolge korrosiven Materialabtrags entstanden Kerben, die zu Dauerbrüchen führten (Schwingungsrissskorrosion). Vermutlich wurde der Rissfortschritt von Korrosion beschleunigt. Zu dem Korrosionsangriff kam es infolge mangelhafter Kühlmitteleaufbereitung.