

## Durchbläser an den Auslassventilen von Schwerölmotoren durch Korrosion und Thermoschocks

Bei einem Verbrennungsmotor wird das Auslassventil unmittelbar den heißen Gasen ausgesetzt; das gilt insbesondere für Dieselmotoren. Die Temperatur wechselt stark (schockartig), so dass man von einer Belastung durch Thermoschock spricht. Da der Dieselmotorkraftstoff mehr oder weniger verunreinigt ist, ergibt sich weiterhin Korrosion.

Im Folgenden geht es um Schäden an Schiffshilfsdieseln, auch als „mittelschnell laufende Dieselmotoren“ bezeichnet. Die Sitzflächen der Auslassventile dieser Motoren wurden auf Grund der genannten Probleme durch eine Aufschweißlegierung gepanzert.

Die Panzerung bestand aus der Gusslegierung **CCr30** mit 2% Kohlenstoff, 30% Chrom, 5-7% Nickel und 1,1% Silizium. Als Basiswerkstoff kam, wie allgemein üblich, der Stahl X45CrSi9-3 zum Einsatz.

In den 1970er Jahren begann man, Schiffsmotoren mit Schweröl zu betreiben. Hierbei handelt es sich um den Rückstand der Erdölverarbeitung. Entsprechend sammeln sich dort alle Verunreinigungen des Öles an, insbesondere Schwefel und Vanadium.

Bei Raumtemperatur ist das Schweröl fest. Um es in den Motor einspritzen zu können, muss es auf etwa 130°C vorgewärmt werden.

An den Sitzflächen der Auslassventile stellten sich alsbald lokale Auskolkungen ein, so dass die Dichtwirkung aufgehoben war. Die Oberflächenausbildung dieser „Durchbläser“ erinnert an Pflastersteine. Diese werden mit zunehmendem Abtrag gröber (Bild 1 und Bild 2).

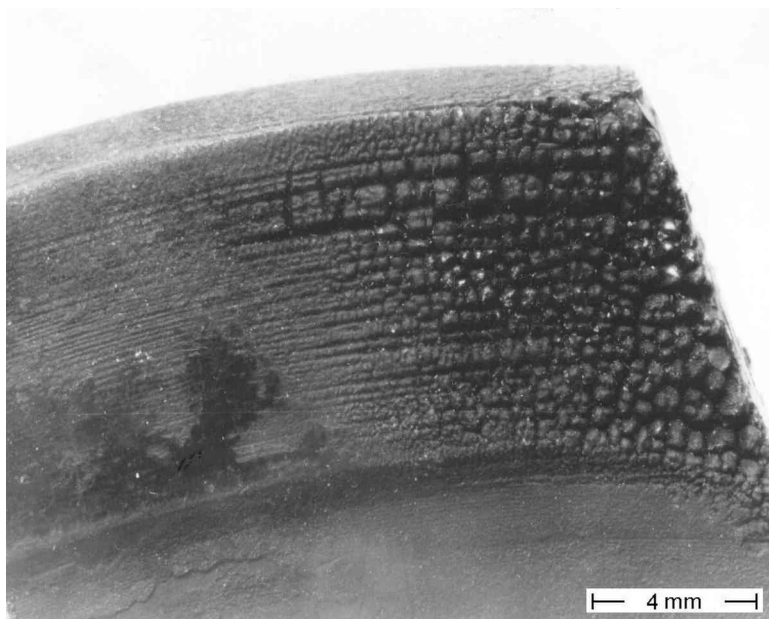


Bild 1:  
Übergang zu einer  
Schädigungszone mit  
Pflastersteinstruktur

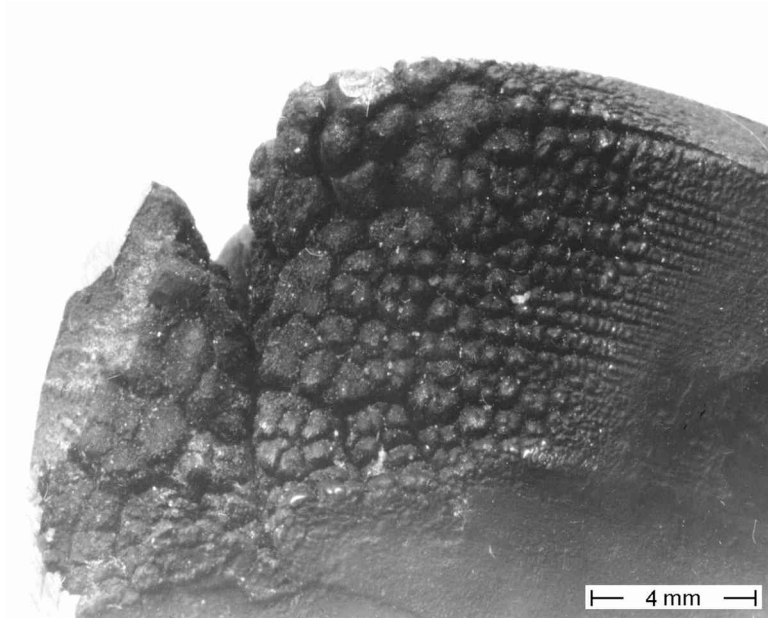


Bild 2:  
Bereich eines  
Durchblägers

Die verschiedenen Stadien des Abtrags bei mäßig hoher Vergrößerung sind in Bild 3 zu sehen.

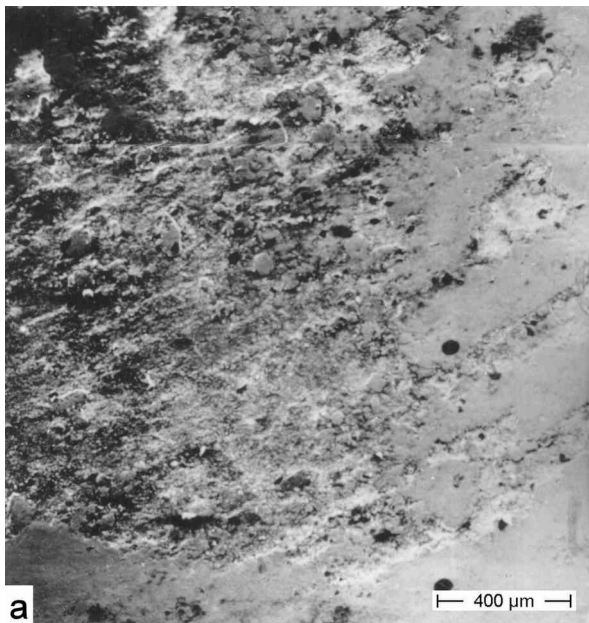
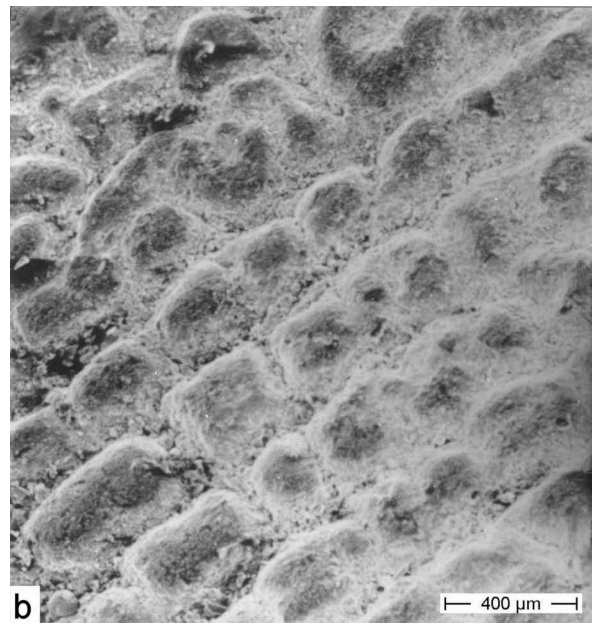


Bild 3: Anfangsstadium der Schädigung  
a) Bereich schwachen Abtrages



b) starker Abtrag („Pflastersteine“)

Die Struktur der Pflastersteine ist in Bild 4 dargestellt. Es findet sich eine aufgelockerte Unterstruktur. Bei höherer Vergrößerung zeigt sich, dass der Belag eigene Kristallite ausgebildet hat.

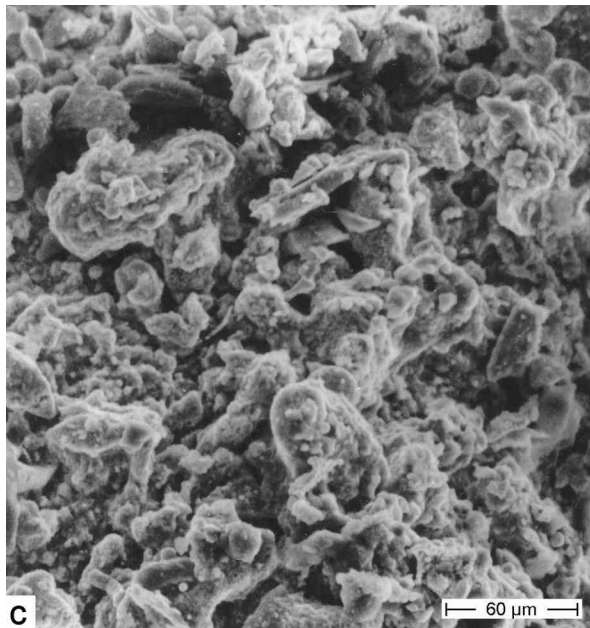
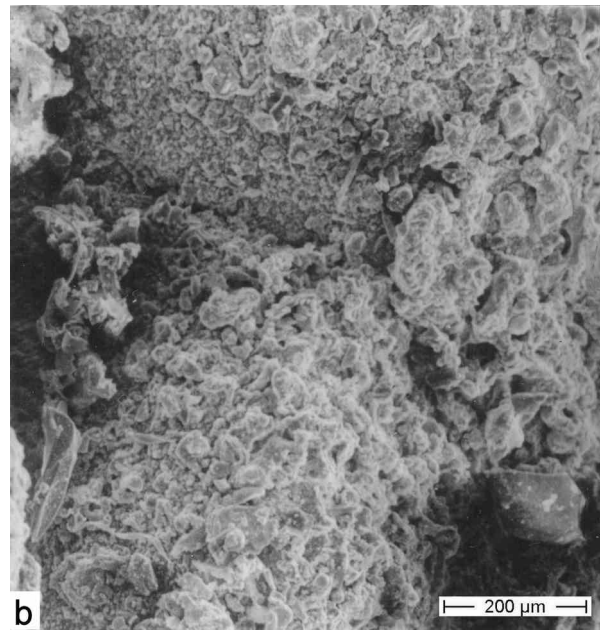
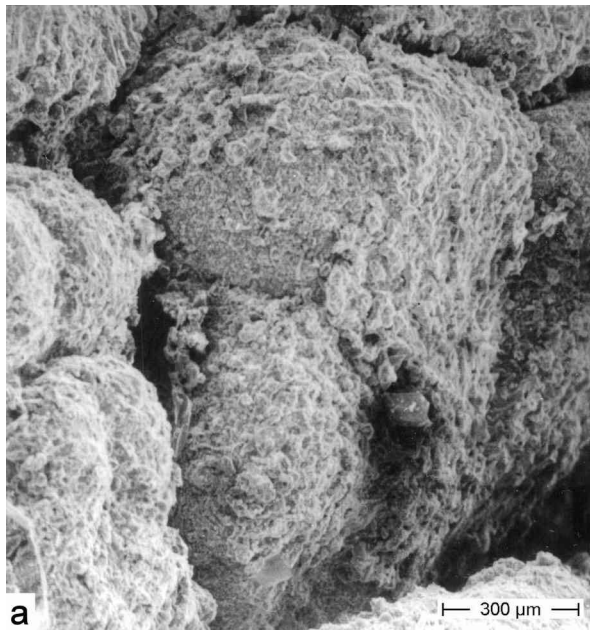


Bild 4:  
Pflastersteinbereich;  
aufgelockerte Strukturen mit eigener Kristallisation  
(Vergrößerungsfolge)

Die EDX-Analyse im Bereich der schwächeren Abzehrung ergab hauptsächlich Vanadium, desweiteren Calcium, Schwefel und Chlor. Erfasst wurden auch die Elemente der Unterlage (Bild 5).

Sauerstoff war zum Zeitpunkt der Untersuchung (1977) mit EDX noch nicht nachweisbar.

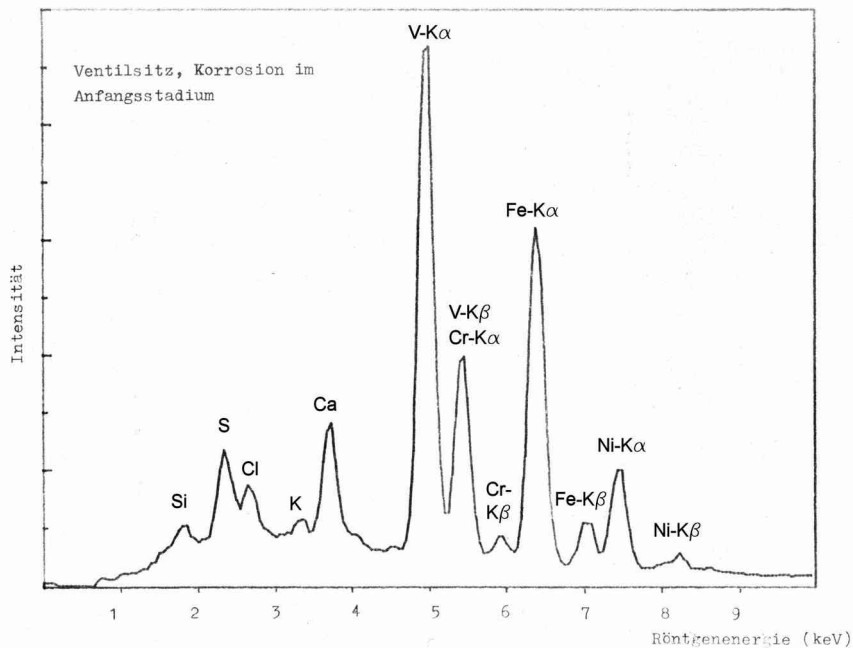


Bild 5: Analyse im Bereich mäßigen Abtrages: Vanadium, Calcium, Schwefel und Chlor sowie die Elemente der Unterlage (Chrom, Eisen und Nickel)

Mit zunehmendem Abtrag schlug die Unterlage immer stärker durch.

## Diskussion

Die Schädigung der Sitzflächen von Auslassventilen durch die korrosive Wirkung der Ölaschen wurde im deutschen Sprachbereich erstmalig durch [1] beschrieben.

Im vorliegenden Fall hatte sich ein Belag von kristalliner Struktur ausgebildet, der im Wesentlichen Vanadium enthält. Offensichtlich liegt dieses als Vanadiumpentoxid vor.

Die Bildung von Vanadiumpentoxid stellt ein grundsätzliches Problem bei der Verbrennung von Schweröl dar. Ursache ist zunächst, dass der Schmelzpunkt dieser Verbindung mit 658 °C relativ niedrig liegt. Sie reagiert weiterhin mit der oxidischen Schutzschicht der Unterlage, wobei sich Eutektika ausbilden und der Schmelzpunkt somit weiter absinkt.

Der Abtrag beschleunigt sich, was durch den Begriff der „katastrophalen Oxidation“ wieder gegeben wird [2].

In [3] und [4] wird in Hinsicht auf die Bildung der Durchbläser auch dem Calcium eine fördernde Rolle zugesprochen; es geht in die Vanadiumverbindungen ein und hebt ihre Schmelztemperatur an. Das Calcium stammt aus dem Schmieröl.

Als Abhilfe blieb nur der Übergang auf Nickellegierungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Durchbläser aus der Überlagerung von Thermoschocks mit einer Korrosion durch Vanadiumpentoxid ergeben haben.

## Literatur

- [1] Pleimling, H.; Vormstein, W.: Auslassventile für Schwerölmotoren.  
HANSA - Schifffahrt - Schiffbau - Hafen – 112 (1975) Nr. 2, S. 583-588
- [2] Rahmel, A.: Korrosionsprobleme bei der Verbrennung von Gas, Kohle und Öl.  
VDI-Berichte 235 – Das Verhalten mechanisch beanspruchter Werkstoffe und Bauteile unter Korrosionseinwirkung. Düsseldorf: VDI-Verlag 1975, S. 145-154
- [3] Jedlicka, H.: Werkstoffschädigung durch Hochtemperaturkorrosion.  
VDI-Berichte 235 – Das Verhalten mechanisch beanspruchter Werkstoffe und Bauteile unter Korrosionseinwirkung. Düsseldorf: VDI-Verlag 1975, S. 163-168
- [4] Umland, F.; Ritzkopf, M.: Ventilkorrosion an Dieselmotoren.  
Motortechnische Zeitschrift 36 (1975) S. 191-195

Martin Möser, 29. Juli 2011

Bilder von ausgeprägten Kristallen des Vanadiumpentoxids finden sich in:  
Schmidt, V.; Möser, M.: **Die Anwendung elektronenoptischer Methoden bei der Aufklärung von Korrosionsschäden**, Teil 2. Korrosion (Dresden) 9 (1978) S. 67-71.

Hinsichtlich der Auswirkung des Schweröls auf die Einspritzdüsen siehe:  
**Kaltkorrosion an Einspritzdüsen**  
(beide Arbeiten in dieser Homepage)