

# Bruch des Pleuels eines Mähreschermotors I

Martin Möser, 19. Januar 2011

Symbol der sozialistischen Landwirtschaft war der Mährescher. Ein genügend großes und ebenes Feld vorausgesetzt, führen diese Maschinen in Gruppen, was sogar literarisch verarbeitet wurde:

*Im gleichen Augenblick begann auf dem großen Feld jenseits der Dorfstraße die Gerstenernte. Beeindruckend, dachte Ellen, wenn man's das erste Mal aus der Nähe sieht: Acht Vollerntemaschinen rückten vom Sandberg her vor, in gestaffelter Form.*

(Christa Wolf: Sommerstück. Aufbau-Verlag, Berlin, 1989, S. 112).

Aus dem (russischen) Stalinez 4 wurde in der DDR der Mährescher E 175 entwickelt (mit E für Erntemaschine). Seine Druschleistung, als Durchsatz bezeichnet, betrug 3,6 t/h.

Ende der sechziger Jahre erschien ein modernes Gerät auf den Feldern, der E 512, welcher einen Durchsatz von 18 t/h lieferte. Angetrieben wurde er von einem Vierzylinderdieselmotor (4 VD 14,5/12-1 SRW). Der Hubraum betrug 6560 ccm. Dieser Direkteinspritzer wurde nach einer Lizenz von MAN gefertigt und kam auch im LKW W50 sowie im Traktor ZT 300 zum Einsatz. Als LKW-Antrieb leistete er 92 kW/125 PS. Da ein Mährescher langfristig unter Voll-Last arbeitet, wurde der Motor auf 77 kW/105 PS gedrosselt.

Die Felder wuchsen weiter. Es ergab sich deshalb der Wunsch nach einer noch stärkeren Version, welcher zur Entwicklung des E 516 führte (Durchsatz: 44 t/h). Dessen Besonderheit bestand u.a. in einem stufenlosen hydrostatischen Einzelradantrieb.

Die Erhöhung der Druschleistung bedingte eine Verstärkung der „energetischen Basis“. Als geeignet erschien ein Achtzylinder-V-Motor mit einem Hubraum von 14230 ccm (8 VD 14,5/12,5-1 SVW), der in Baggern verbaut wurde.

Der genannte Motor beruhte zunächst auf reiner Saugbasis mit einem Zünddruck von 85 bar. Durch Aufladung steigerte man den Zünddruck auf 120 bar und erreichte damit eine Leistung von 168 kW/228 PS bei einer Drehzahl von 2200/min.

Nach einer Laufzeit von 146 Stunden brach bei einem der aufgeladenen Versuchsmotoren ein Pleuel. Der Motor war vorwiegend bei der angegebenen Betriebsdrehzahl (2200/min) gelaufen. Alle 4 Stunden hatte man die Drehzahl kurzzeitig auf 1500/min abgesenkt.

Das große Pleuelauge war schräg geteilt. Die Schrauben greifen jeweils in ein Sackloch ein. Der Bruch erfolgte am Ansatz des kürzeren Schenkels. Die Pleuelschraube des längeren Schenkels war nach Einschnürung gebrochen, was einen Gewaltbruch und somit einen offensichtlichen Folgeschaden kennzeichnet (Bild 1).

Die Bruchstelle des (kurzen) Schenkels liegt am Ende des Schraubenloches. Entsprechend wurde das Schraubenende freigelegt. An der Schraube selbst wurde der Endbereich zur Hälfte heraus gebrochen (Bild 2).

Als Material hatte der Stahl 40Cr4 gedient, der auf eine Festigkeit von etwa 900 MPa vergütet worden war. Der Stahl wurde zerstörend geprüft und erwies sich als ausreichend fest und zäh.

Es wurde die Frage gestellt, ob ein Ermüdungsbruch oder ein Gewaltbruch vorliegt. Auf Grund des

Wiederholungscharakters der Belastung lag die erstere Annahme näher, wegen der volkswirtschaftlichen Bedeutung des Falles wollte man aber unbedingte Gewissheit haben.

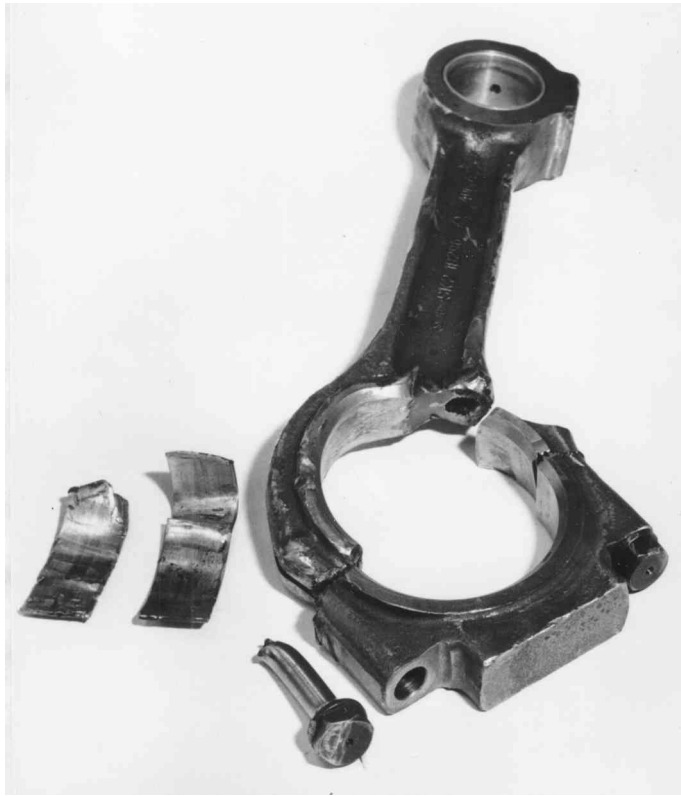


Bild 1:  
Bruch des großen  
Pleuelauges am  
Ansatz des kurzen  
Schenkels  
(Seitenansicht),  
Schraube des  
längeren Schenkels  
nach Einschnürung  
gebrochen.



Bild 2:  
Bruchstelle am Ende  
der Pleuelschraube,  
Ausbruch an der  
Schraube selbst  
(Draufsicht)

## Eigene Untersuchungen

Die Bruchfläche hatte sich senkrecht zur Pleuelebene orientiert. Es hatte keinerlei Einschnürung stattgefunden. Das Bruchgefüge war feinsamtig ausgebildet. Andeutungsweise wird ein Rastlinienfeld sichtbar, welches im Sackloch der Pleuelschraube sein Zentrum hat. Dieses Rastlinienfeld dehnt sich bis zur Außenwand aus. Nachdem diese Materialbrücke aufgetrennt war, ist der Bruch beidseitig um die Bohrung herum gelaufen – bis zur vollständigen Trennung. Es haben sich dabei feine Scherlippen ausgebildet, die eine Art gleitender Restbruch darstellen. In der Schraube hatten sich mehrere Anrisse gebildet. In der Gesamtheit sind diese Risse dem Pleuelbruch entgegen gesetzt verlaufen (Bild 3 und Bild 4).

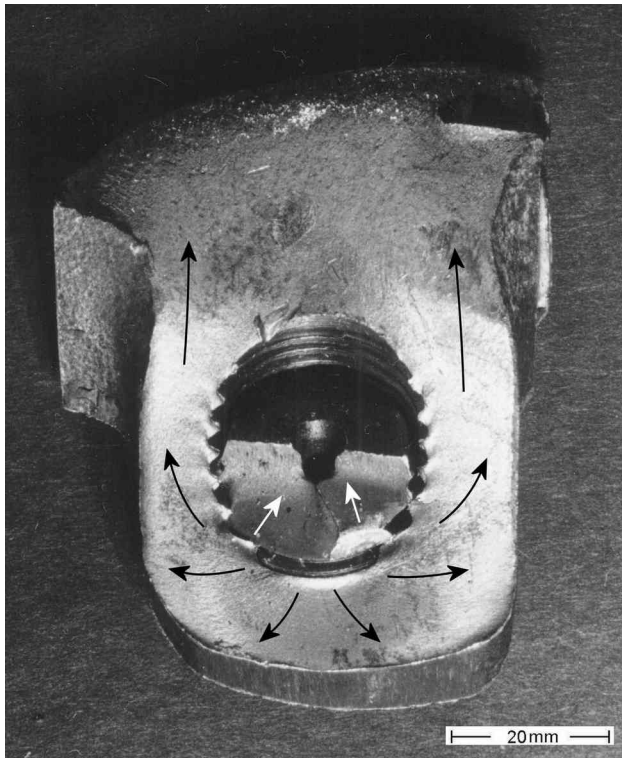


Bild 3:  
Bruch geht vom Sacklochgewinde aus,  
schwach ausgeprägte Rastlinien,  
Bruch in der Schraube mit entgegengesetzter Richtung

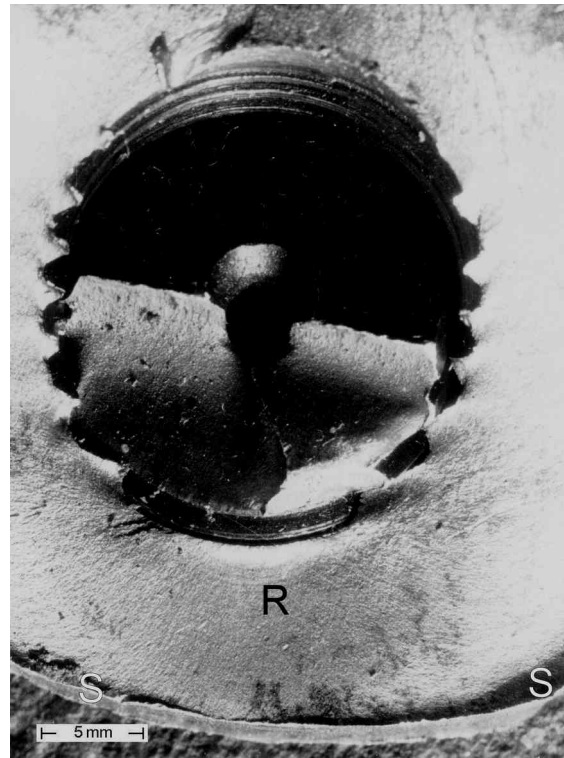


Bild 4:  
Rastlinienfeld R;  
feine Scherlippen S am Rand  
(Ausschnitt aus Bild 3)

In Bild 5 wurde der Lichteinfall sehr flach (streifend) gehalten; die Rastlinien treten deutlicher hervor. Im Weiteren wurde die Richtung des Lichteinfalls umgekehrt. Das Rastlinienfeld erscheint sehr eben, der restliche Bruchbereich mit ausgeprägten Bruchstrahlen umso gröber (Bild 6).

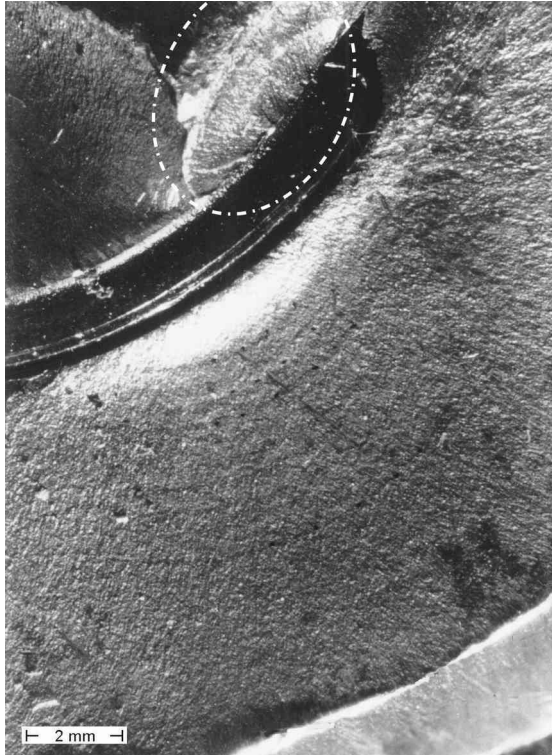


Bild 5: Rastlinienfeld deutlich bei streifendem Lichteinfall; oben wurde der primäre Schraubenriss markiert, dort ebenfalls Rastlinien.

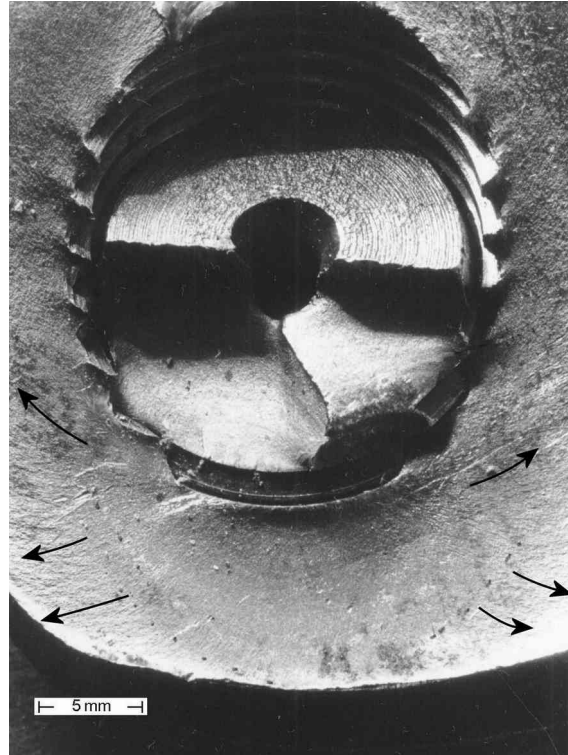


Bild 6: Beleuchtungsrichtung umgekehrt; Wechsel vom glatten Gefüge des Rastlinienfeldes zum strähnigen Restbereich auffällig

In Bild 7 wird bei höherer Vergrößerung die Lage der Bruchfront dargestellt, als sie gerade die Außenwand erreicht hat.

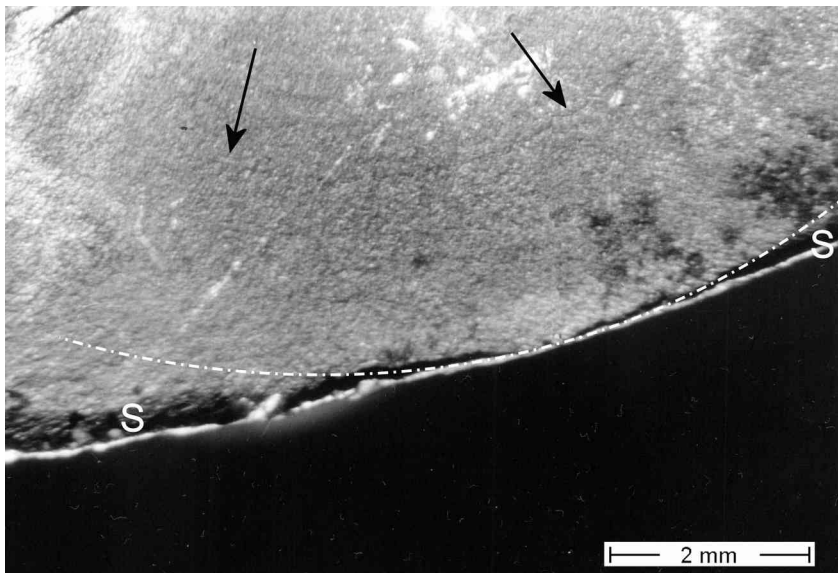


Bild 7:  
Lage der  
Bruchfront im  
Moment des  
Durchtrittes zur  
Außenwand,  
S = Scherlippen

Bei der Untersuchung der Bruchfläche im REM fanden sich periodische Streifen-Strukturen. Sie geben die Richtung des Rissfortschrittes an (Bild 8). Es handelt sich allerdings nicht um die bekannten Bruchbahnen bzw. Schwingungstreifen. Vielmehr haben hier die Stufen, welche die Bruchbahnen trennen, aufeinander gerieben. Diese Strukturen dokumentieren eine unterliegende Torsion [1].

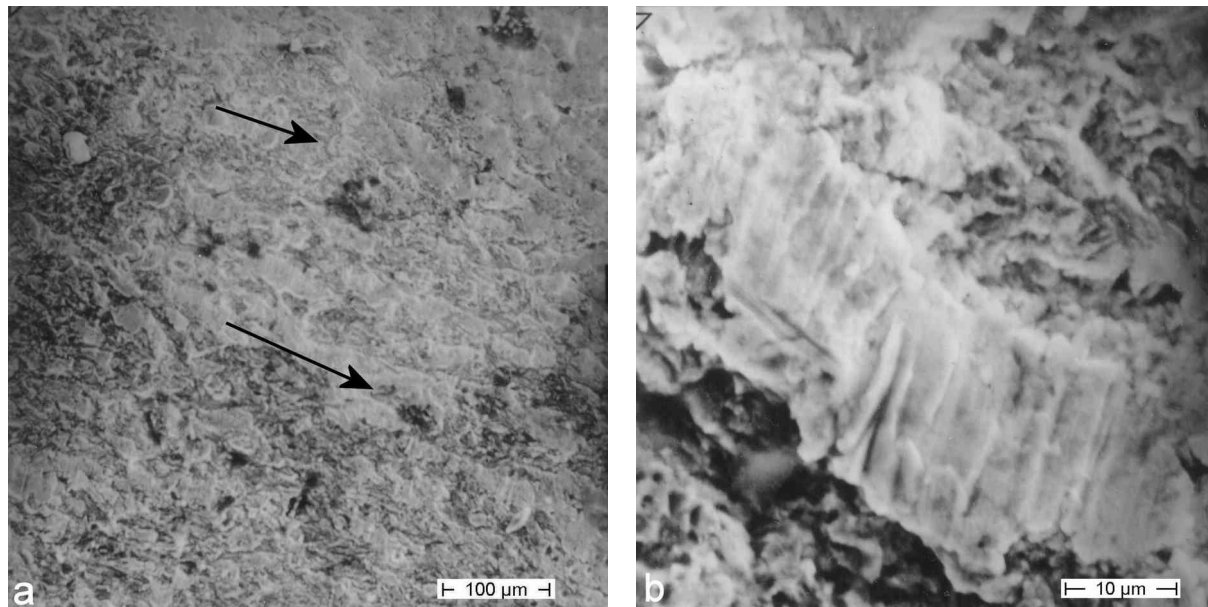


Bild 8 (a, b): streifenartige Reibstrukturen geben die Rissfortschrittsrichtung an

## Diskussion

Makroskopisch ist der Schaden durch eine senkrechte Bruchlage, ein feinsamtiges Bruchgefüge und die – wenn auch schwache – Ausbildung von Rastlinien geprägt. Auf mikroskopischem Niveau wurden zyklische Reibstrukturen sichtbar. Damit ist der Bruch als ermüdungsbedingt einzuordnen.

Rastlinien waren allerdings nur in der Materialbrücke zwischen dem Schraubenloch und der nächsten Pleuelwand zu sehen. Sie ordneten sich konzentrisch zum Schraubenloch an. Der Bruch ist somit vom Gewindeloch als Innenkerbe ausgegangen.

Die Pleuelschraube hatte als Keil gewirkt. Das Wesen einer solchen Keilbelastung ist, dass die Spannungsintensität mit zunehmender Risstiefe abnimmt. Der Bruch ist also zunächst langsam gewachsen, bis er die Oberfläche des Pleuels erreicht hatte. Der Innenriss verwandelte sich damit zum Außenriss, so dass die äußere Beanspruchung direkt wirksam wurde. Der Riss wuchs nun schnell und trennte den restlichen Querschnitt auf. Restbruch fand sich nur in Form schmaler Scherlippen, die den Ermüdungsbereich flankieren.

Da Versuchsmotoren im Allgemeinen ohne Pause laufen, fehlen normalerweise die Rastlinien. Dass sie im vorliegenden Fall doch sichtbar waren, beruhte darauf, dass die Drehzahl periodisch abgesenkt wurde.

Zusammenfassend kann festgestellt, dass ein Ermüdungsbruch vorlag, bedingt durch die Keilwirkung der Pleuelschraube. Als Abhilfe diskutierte man, das Ende der Schraube anzubohren, um sie „weicher“ zu gestalten, vergleiche [2].

Ab dem Jahre 1978 wurde der E 516 ausgeliefert; insgesamt wurden 19.000 Stück gefertigt.

Angaben hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Mährescher aus DDR-Produktion im Allgemeinen und des E 516 im Besonderen sind u.a. [3] bzw. [4] zu entnehmen.

## Literatur

- [1] Mitsche, R. u.a.: Anwendung des Rasterelektronenmikroskops bei Eisen- und Stahlwerkstoffen. Radex-Rundschau H. 3/4 (1978) S. 671/672
- [2] Affenzeller, J.; Thien, G. E.: Some investigations of the strains in the shorter shank of a connecting rod. CIMAC, Barcelona 1975, S. 191-218
- [3] Müller, Ch.: Das Mähdrescherwerk Bischofswerda-Singwitz. 2009
- [4] [www.fortschritt-landmaschinen.de/E516-Spezial.htm](http://www.fortschritt-landmaschinen.de/E516-Spezial.htm)

Das Zitat von Christa Wolf über den Einsatz von Mähdreschern fand ich bei:

Schröder, Sabina: **Die Sprache der DDR im Spiegel ihrer Literatur: Studien zum DDR-typischen Wortschatz.** Walter de Gruyter, Berlin New York 1994, S. 34 (<http://books.google.de/books?isbn=3110138085>)

In der Ausarbeitung „Bruch des Pleuels eines Mähdreschermotors II“ wird ein Bruch aus der Einsatzphase dieses Motors beschrieben (in dieser Homepage).

Ein weiterer Fall mit analogem Bruchablauf ist unter „Bruch des Pleuels eines Schiffsmotors“ dargestellt.