

Welches Umbohrverfahren ist das Beste?

Leider trifft man das Problem wieder öfter an: Havarierte Drei- und Sechszylinder-Motoren tauchen in den letzten Jahren verstärkt auf. Wie man Abhilfe schaffen kann und welche Umbohrverfahren wirklich helfen können - darüber ranken sich viele Märchen und Geschichten. Wir haben eine Entscheidungshilfe auf Basis physikalischer Grundgesetze - die kein Märchenerzähler aushebeln kann - zusammengestellt.

Wer der Meinung ist, dass der Motorblock aufgrund großer Kraft reißt, ist auf dem Holzweg. Genau so sind es jene, die glauben, dass nach 20, 30 Jahren kein Blockriss mehr auftreten könne. So einfach ist es nicht. Grundsätzlich ist es so, dass alle Mehrzylinder-Eichermotoren der EDK und EDL-Baureihe einen Konstruktionsfehler inne haben: Die Verschraubung der mittleren



↑ Es sind nicht nur die Großen: Auch wenn das Problem gerne nur den Turbo-Sechszylindern zugeschoben wird, sind doch weitaus mehr Traktoren betroffen. Hier der 3145 Economy von Andreas Trick, mit dem seit über 15 Jahren ersten nach Braun/Eicher umgebohrte Motor.

Kurbelwellen-Lagerträger nach unten war fatal. Denn: Die vollständige Verbrennungskraft muss von labilem Guss abgefangen werden. Aber es ist nicht nur die Kraft, Maschinenbauer wissen um ein viel verheerenderes Problem, welchem der Eicher-Motor auch zum Opfer fällt - genannt Frequenz. Damit ist die Drehzahl gemeint.

Welcher Block reißt überhaupt?

Insbesondere EDK3 und EDL3, sowie die großen EDK und EDL-Sechszylinder, gelten als besonders anfällig für Motorblockrisse. Der dazwischenliegende Vierzylinder bleibt - bis auf wenige Ausnahmen - weitestgehend verschont. Warum lässt sich anhand der Blockrisse selbst erklären. Man muss sich zuerst vor Augen halten, dass die Gehäuse von innen nach außen reißen. Problembehaftet sind die inneren Lagerstege, dort entstehen die Risse, welche sich fatal auf den Rest des Gehäuses auswirken. Um zu verstehen warum die schwachen Stege nachgeben, muss man sich die Beanspruchung derer vor Augen halten:

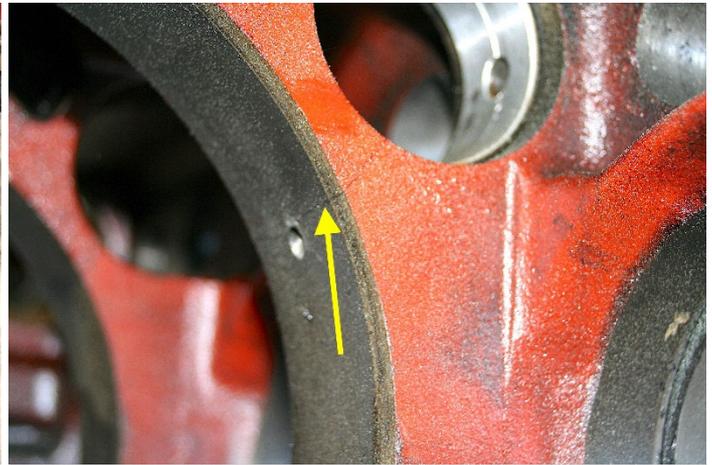
1. Verbrennungshöchstdruck im Moment der Zündung (dieser ist weitestgehend unabhängig von der abgegebenen Leistung, sondern hängt fast ausschließlich vom Brennverfahren ab)
2. Drehzahl (Frequenz)

↓ Umgebohrter EDL6-6 Turbo: Obwohl das Problem von den Sechsendern bekannt ist, wissen die wenigsten warum die Motorblöcke der großen Schlepper reihenweise nachgegeben haben.





↑ Beide Bauarten betroffen: Sechszylinder-Gehäuse der alten und neuen Generation reißen - hier zwei nach Eicher/Braun bearbeitete Motoren.



↑ Dreizylinder mit Riss: Abgebildet ist ein Lagersteg mit Nockenwellenlager- und Schmierbohrung; der Steg ist am Pfeil gerissen.

Wirft man Materialkundlern und Ingenieuren diese Begriffe vor der Nase, zucken diese bereits zusammen. Denn: Schwingungsbrüche sind wahrscheinlich, diese müssen jedoch extrem aufwändig berechnet werden. Dem kann man mit hochwertigem Material und einigen Verstärkungen entgegenwirken, doch Eicher verwendete für Motorgehäuse stets GG20 - ein billiger Guss. Dieser kann zwar statisch bis zu 720 N/mm^2 aufnehmen, jedoch wird für Schwingungen bereits maximal 50 N/mm^2 angegeben. Die mit circa 200 bis 250 mm^2 Schnittfläche relativ kleinen Lagerstege sind teilweise durch Schmierbohrungen mit $8,4$ Millimeter Durchmesser deutlich geschwächt: Beim Dreizylinder zwischen 2. und 3. Zylinder, beim Sechsender zwischen 2. und 3., sowie zwischen 4. und 5. Zylinder.

Die eigentlich eingeleitete Kraft ist eher gering und wird vom überaus stabilen oberen Teil des Gehäuses auf alle Lagerstege verteilt. Das bedeutet, dass die Kraft eines zündenden 3. Zylinders nicht nur auf zwei Lagerstege wirkt, sondern (anteilig) auf alle.

Doch warum reißen die Vierzylinder nicht? Dort wirken schließlich, was Drehzahl und Kraft angeht, gleiche Faktoren. Die Lösung ist denkbar einfach: Kurbelwellenwinkel.

Alle Drei- und Sechszylindermotoren arbeiten mit einem Kurbelwellenwinkel von 120 Grad, Zwei und Vierzylinder mit 180 Grad. Dies wirkt sich fatal auf das Schwingverhalten aus: Pro Kurbelwellenumdrehung gibt es drei Schwingungsspitzen, beim Vierzylinder nur zwei. Folglich gibt es bei Drei und Sechszylindern deutlich mehr Schwingungen, ergo erhöht sich die Frequenz. Beim Sechsender befinden sich immer zwei Zylinder im Verbrennungstakt (während einer fast am Ende des Verbrennungstaktes ist, zündet bereits der nächste - beim Vierzylinder mit 180 Grad Kurbelwellenwinkel ist dies nicht so). Die daraus resultierenden Kraftspitzen sind nichts anderes als Schwingungen, die sich gegenseitig überlagern und auf die kleinen Lagerstege einwirken. Der letzte und vor allem tödliche Punkt ist jedoch der Dritte: Drehzahl. Was die Sechszylinder angeht, treten die

Probleme fast ausschließlich bei 3105-3145 auf, egal ob altes oder neues Gehäuse, EDK oder EDL. Gerissene Blöcke gibt es bei allen Varianten zu Hauf. Der Grund muss nicht lange gesucht werden: Eicher steigerte ab 1976 mit Erscheinen von 3105 und 3133 die Drehzahl auf 2480 U/min , damit die Traktoren 32 km/h , bzw. später 40 km/h erreichten und man den Motoren andere Leistungscharakteristiken einhauchen konnte. Viele Teile wurden besser gewuchtet, auch ein größerer Schwingungsdämpfer zur Absorption von Kurbelwellenschwingungen kam zum Einsatz. Doch das nützte nichts, da Eicher das Gehäuse an den notwendigen Stellen nicht verstärkte. Durch die um 480 Umdrehungen gesteigerte Drehzahl werden pro Zylinder logischerweise 240 Zündungen pro Minute mehr hingelegt. Mal sechs ergeben sich 1440 Zündungen pro Minute mehr, die noch auf die bisherigen Zündungen ($2000 \text{ U/min} = 1000$ Zündungen pro Zylinder ergibt 6000 Zündungen pro Minute beim Sechszylinder) anrechnen. Folglich wurde mit diesem Vorgehen die Frequenz um 24% gesteigert.

Die hohe Wechselbelastung (oder auch Schwingung) beaufschlagt die gegossenen Lagerstege so lange, bis es zur Materialermüdung kommt. Die Folge ist ein sogenannter Stegriss im Gehäuse, Vorstufe zum Blockriss. Reißen innen genügend Stege ab, gibt irgendwann die Seitenwand des Gehäuses nach - der klassische, nicht mehr zu reparierende, Blockriss eben.

Wie lange ein Block aushält, hängt von vielen Faktoren ab. So spielt zum Beispiel die Bearbeitung des Rohlings eine Rolle - je nach Positionierung wurden nämlich die Lagerstege dicker oder dünner. Wie lange das Gehäuse abgelagert wurde (Zeit zwischen Guss und Bearbeitung) spielt ebenso ins Gewicht wie das Einsatzprofil. Läuft der Motor viel mit Vollgas (Rübenrodermotoren), kommt der Blockriss früher. Die Belastung ist übrigens nicht anders wie bei (Leer-) Fahrten zu Traktortreffen - weshalb auch aktuell so viele Drei- und Sechszylindermotoren nachgeben. Man kann es aber nun drehen und wenden wie man will. Ob der Block nun 800 Stunden oder

20.000 Stunden aushält, der Riss ist vorprogrammiert und kommt garantiert irgendwann. Dafür braucht man keine Glaskugel, sondern lediglich physikalische Grundsätze.

Beim Dreizylinder ist es etwas entspannter, dennoch reißen derzeit immer wieder Gehäuse, insbesondere die 66 PS Turbo-Versionen. Auch hier spielt die Drehzahl eine entscheidende Rolle, je nach Ausführung werden auch bis zu 2400 U/min Abregeldrehzahl erreicht, während die Nenndrehzahl nur bei 2100 U/min liegt. Entscheidend ist der Kurbelwellenwinkel, sowie der schon erwähnte Lagersteg mit Ölbohrung: Diese sitzt ausgechnet im letzten Lagersteg, welcher konstruktiv bei Eicher sowieso stets der dünnste ist. Auch wenn die Frequenz deutlich geringer ist, braucht es zum Riss des letzten Steges am wenigsten. Das ohnehin schon dünnwandigere Dreizylinder-Gehäuse gibt dann mehr oder weniger sofort danach auf, die Seitenwand reißt an der bekannten Stelle ein.

Umbohren - aber wie?

Ziel beim Umbohren des Gehäuses ist es, Schwingungen durch Schrauben abzufangen und so den Guss nicht zu belasten. Die in Schrauben verwendeten Materialien sind im Vergleich zu GG20 deutlich stabiler und können höhere Wechselbelastungen aufnehmen. Dazu sind jedoch bestimmte Anzugsmomente einzuhalten. Diese Schrauben werden wie Hauptlagerschrauben nur mit ca. 55 Prozent der zulässigen Zugspannung (die beim Anziehen in der Schraube entsteht) angezogen. So ist es möglich, dass Schrauben die Verbrennungskraft aufnehmen kann, diese addiert sich einfacherweise auf die Vorspannkraft, die beim Anziehen der Schraube entsteht. Es ist also wichtig, dass die Schraube nach Anziehen noch ausreichend Reserven bietet, da sie ansonsten nutzlos ist.

↓ Sechszylinder mit offener Wunde: Nachdem die Lagerstege abgerissen sind, gibt die Außenwand auf ganzer Länge nach (Anfang und Ende des Risses erstrecken sich über die Pfeilenden hinaus).



↓ Gleicher Sechsender: Wird der Motor mit Blockriss lange genug betrieben, reißt dieser auch auf der Lüfterwellenseite vollständig durch.



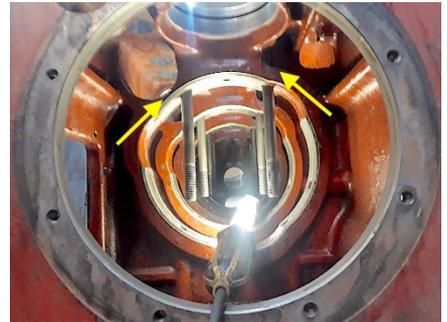
1. Verfahren Eicher / Braun

Das einzig von Konstrukteuren entwickelte Umbohrverfahren wurde noch bei Eicher entworfen und auch erste Motoren bearbeitet. Die Firma Braun in Frontenhausen übernahm nach dem Konkurs 1992 Pläne und Formen, doch es dauerte einige Zeit, bis der erste Block aus Frontenhausen eingebaut werden konnte.

Bei diesem Verfahren werden alle fünf Lagerträger der Kurbelwelle getauscht. Diese Bauteile sehen zwar einfach aus, sind jedoch durch Schmierbohrungen und integrierte Kolbenbodenkühlung hochkomplex. Die Lagerträger werden im eingebauten Zustand mit jeweils zwei hochfesten M14er Schrauben angezogen, dazu greifen Schrauben in die untere Hälfte des Lagerträgers und spannen damit die Kurbelwelle nach oben – der Eicher-Konstruktionsfehler ist damit beseitigt. Allerdings funktioniert dieses Verfahren nicht ohne weiteres - vor Einbau der Kurbelwelle muss die Lagergasse, also mit eingebauten und vorschriftsmäßig angezogenen Mittellagerträgern, jedoch ohne Kurbelwelle, gespindelt werden. Nur so ist sichergestellt, dass die

Flucht aller Hauptlager zueinander stimmt. Es kommen nur zwei hochfeste M14er Schrauben zum Einsatz, die beide mit 7,1 Tonnen Zugkraft vorgespannt werden. Damit wird der Lagerträger insgesamt mit über 14 Tonnen nach oben gezogen, was Risse ausmerzt. Trotz der hohen Vorspannkraft bieten die hochfesten Schrauben noch viel Reserve: Pro Schraube sind insgesamt 11,65 Tonnen Zugkraft drin. Die übrigen 4,5 Tonnen werden genutzt um alle Kräfte aufzunehmen, die von außen einwirken - dies sind eben die Schwingungsbelastungen. Pro Lagersteg stehen so dank zwei Schrauben 9 Tonnen Reserve im Petto, bevor es zu einer Überbelastung der Schrauben kommt. Die nach Eicher / Braun umgebohrten Motorgehäuse sind an der geänderten Hauptölversorgung zu erkennen, die Schmierleitung wanderte von der rechten Seite nach links. Insgesamt wurden über 300 Motoren nach dieser Art umgebohrt, damit ist das Verfahren nicht nur das stabilste, sondern auch das verbreitetste und hat sich selbst bei weit eingerissenen Motorgehäusen bewährt. Dies ist möglich, da die Kraft durch die

Schrauben vollständig umgeleitet und damit das Motorgehäuse zu 100% entlastet wird.

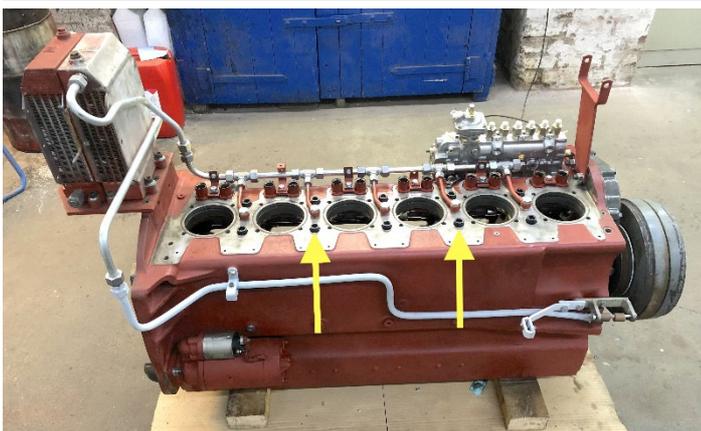


↑ Kraft nach oben umleiten: Die eingesteckten Schrauben zeigen, wie später die Verbrennungskraft im Lagerträger aufgenommen und nach oben in den Motorblock geleitet wird. So sind die rissanfälligen Lagerstege (Pfeile) unbelastet.

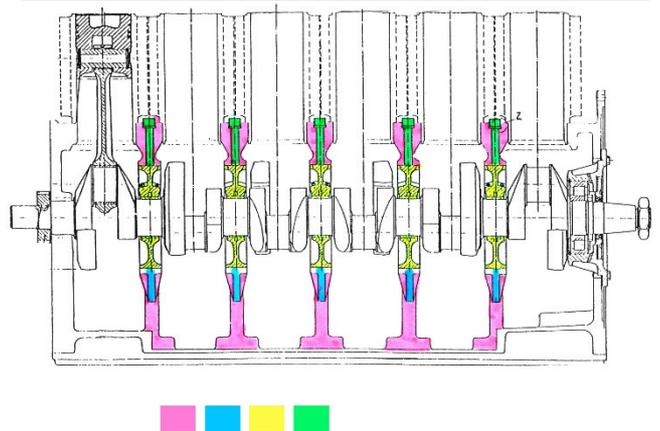


↑ Kurbelwellen-Einbau: Die neuen Lagerträger werden auch auf der Kurbelwelle verschraubt und anschließend mitsamt Welle von hinten in den Motorblock geführt.

↓ Verfahren nach Eicher/Braun: Hier wird an jedem Lagersteg mit zwei hochfesten M14er Schrauben gearbeitet. Gut zu erkennen ist auch die geänderte Ölversorgung von oben anstatt seitlich.



↓ Zeichnung des Eicher/Braun Verfahrens. Lila = Motorblock, blau = Schrauben Mittellagerträger vor umbohren, gelb = Mittellagerträger, grün = Schrauben nach Umbohren



2. Verfahren nach Scheuer

Nachdem Braun das Umbohren an den Nagel gehängt hatte, tüftelte Scheuer an Sechszylinder-Motoren herum. Er wollte das von Eicher entwickelte Verfahren ebenfalls umsetzen, scheiterte aber. Nach eigener Aussage schaffte er es jedoch nicht die Lagergasse zu spindeln, weshalb er das Braun-Verfahren verwerfen musste.

Sein Verfahren sollte technisch einfacher werden: Er plante einfach eine Fläche des Lagerstegs unterhalb der Pleuellwelle und schob eine Stahlplatte ein. Diese wurde wiederum mit vier hochfesten M8er Schrauben angezogen. Jedoch wird bei diesem Verfahren das Anzugsmoment nicht nur durch die Schrauben begrenzt, sondern in erster Linie durch die Pleuellwelle: Das Motorgehäuse ist relativ weich, sodass es sich beim Anziehen der Schrauben stark verzieht und die Pleuellwelle klemmt. Folglich zog Scheuer alle Schrauben nur relativ sachte an, was jedoch nicht unbedingt ein Nachteil ist.

Bei Scheuer wird der Lagersteg mit insgesamt vier M8er Schrauben verstärkt, jede zieht bei Anzugsmoment etwa 2,26 Tonnen und bietet dann noch 1,29 Tonnen Reserve. Mal vier sind das 9 Tonnen Zugkraft pro Lagersteg, sowie 5,16 Tonnen Reserve. Vergleicht man die Werte mit Eicher/Braun ist festzustellen, dass die nötigen Sicherheiten des Scheuer-Verfahrens nur bei etwa 60 Prozent liegen.

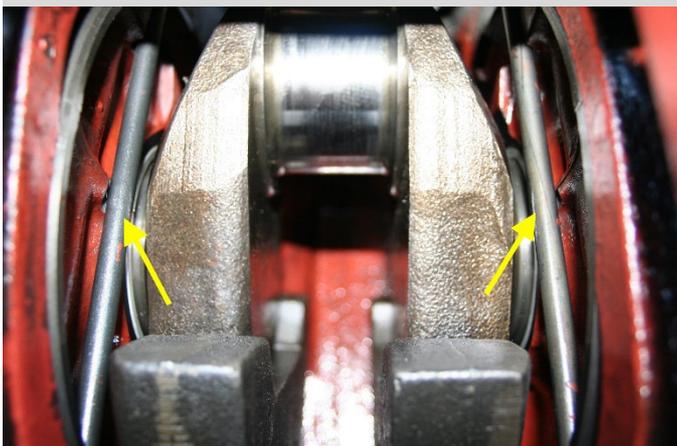
Das Scheuer-Verfahren mag zwar durchaus eine Wirkung erzielen, jedoch ist diese in keinster Art und Weise mit Eicher/Braun zu vergleichen. Der größte Nachteil der Scheuer-Blöcke ist jedoch ein anderer: Löst sich die Pleuellwelle-Ringmutter unbemerkt, gibt es garantiert schwersten Bruch, da die Pleuellwelle dann mit den eingesetzten Schrauben kollidiert. Weiterhin ist zu erwähnen, dass Motorgehäuse mit Stegrissen im mittleren Pleuellwellenlager Probleme beim Anziehen der Schrauben bekommen, sodass es hier zu klemmenden Wellen oder Fressern kommt. Herr Scheuer bietet den Umbau aus Altersgründen nicht mehr an.



↑ Dreizylinder nach Scheuer gebohrt: Zwischen den Zylindern sind die Inbus-Köpfe der M8er Schrauben gut zu erkennen.

Leider können wir zum Hissink-Verfahren keine Berechnungen liefern, das Verfahren ist jedoch grundsätzlich gesehen schwächer als Eicher/Braun oder Scheuer ausgelegt. Auch kündigte Schmieder an, Blöcke nach eigenem Verfahren zu bohren. Bisher wurde jedoch kein laufender Sechszylinder nach Umbohrverfahren Schmieder gesichtet.

↓ Haarscharf an der Pleuellwelle vorbei: Vor und hinter den Pleuellzapfen ist für Schrauben so gut wie kein Platz, daher nahm Scheuer vom Serien-Hauptlagerträger, als auch von den Lagerstegen, Material ab. Die gelben Pfeile zeigen die beiden vorderen Schrauben vom Seitendeckel aus gesehen.



↓ Unterer Bereich des Blocks: Im Ölrücklauf plante Scheuer den Steg und schob eine Stahlplatte ein, hier greifen die M8-Schrauben an und verspannen das Motorgehäuse.



Zusammenfassend lässt sich zum Thema Blockriss sagen, dass das Verfahren nach Eicher/Braun das einzig sicher wirkende Bohrverfahren ist. Der Block wird hier im Gegensatz zu allen anderen Methoden vollständig entlastet. Auch viele gerissene und anschließend nach Eicher/Braun umgebohrte Motoren belegen die Wirksamkeit des Verfahrens, manch gerissener Block hat seit Umbohren nach Braun/Eicher über 10.000 Betriebsstunden absolviert.

Text: Johannes Hafermann
Bilder: Norbert Fechtig,
Johannes Hafermann

Kommentar:

Auch wenn es hier natürlich ans "Eingemachte" des Eichermotors geht, bzw. die wirkenden Kräfte schwer vorstellbar sind, ist es doch wichtig, für Klarheit beim Thema "Umbohren" zu sorgen. Hier wurde und wird von geldgeilen Märchenerzählern Unsinn vom Feinsten verzapft. Deren Ziel war es nie, eine gute Lösung für ihre Kunden zu finden, sondern möglichst die eigene Tasche zu befüllen - oft genug ohne überhaupt zu liefern.

Ist die Rede von "zu viel Leistung des EDL", "falsch eingestellten Einspritzpumpen", "17 Winkelgrad Torsion in der Kurbelwelle", "falsche Kraftabgabeseite" oder ähnlichem Stuss, nehmt die Beine in die Hand und haut ab. Es sind schlicht Lügen. Genau so sollte man verstehen, dass es beim Umbohren ausschließlich darum geht, den Block zu entlasten. Wer dem Irrglauben unterliegt, das Motorgehäuse müsse verspannt werden, fällt auch auf "17 Winkelgrad Torsion in der Kurbelwelle" herein. **jh**