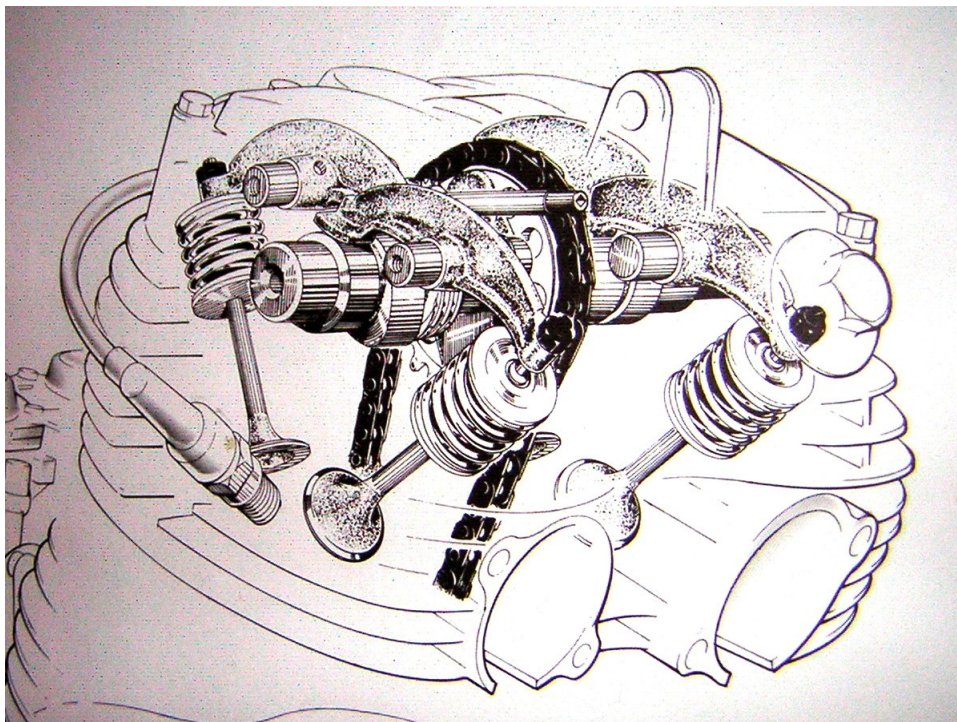


Ventilspiel einstellen bei der XS250 / XS360 / XS400 (nicht 12E)



von Martin

tatkräftige Unterstützung von Yupp van der Flupp

1. Über Ventile, Kipphebel und Nockenwellen

Damit der 4-Takt-Motor einer XS400 funktioniert, muss frisches Luft-Benzin-Gemisch zur Verbrennung in den Brennraum transportiert und das verbrannte Gemisch (Abgas) nach der Verbrennung wieder aus diesem heraus transportiert werden. Die Öffnungen, durch die dieses geschieht sind die Ventile. Ein XS400-Motor hat pro Zylinder 2 Ventile, eines für die Befüllung mit frischem Gemisch und eines für den Abtransport der Abgase. Moderne Motoren haben heute oft 4 oder noch mehr Ventile pro Zylinder.

Wichtig bei der Konzeption des Motors ist es nun, dafür zu sorgen, dass die Ventile zum richtigen Zeitpunkt geöffnet und geschlossen werden. Dieses ist wichtig, damit in den 4 Takten eines Verbrennungszyklus':

1. genug Gemisch in den Motor gelangen kann (Einlassventil offen),
2. der Brennraum bei der Kompression des Gemischs geschlossen ist,
3. der Brennraum zum Zeitpunkt der Zündung und während der folgenden Expansion geschlossen ist,
4. das Abgas wieder aus dem Brennraum gelangt (Auslassventil offen).

Bei einem XS400-Motor wird die Steuerung der Ventile von einer Nockenwelle (bei der 12E zwei Nockenwellen) übernommen, die die Ventile über Kipphebel ansteuert. Die Nockenwelle wiederum wird über eine Kette, die sogenannte Steuerkette, von der Kurbelwelle angetrieben, was uns hier aber nicht weiter interessieren soll.

Die Nockenwelle ist zusammen mit den Kipphebeln und den Ventilen oben im Motor über den Zylindern im Zylinderkopf bzw. Ventilkammerdeckel angeordnet (siehe Titelbild).

Dieses Prinzip wird OHC (overhead camshaft, Nockenwelle über dem Kopf) bzw bei der 12E DOHC (double overhead camshaft) genannt.

Die für dieses Kapitel wichtige Eigenschaft der Nockenwelle sind die Bereiche mit den Nocken. Diese bewegen die Kipphebel, wenn sie während einer Drehung an der entsprechenden Auflagefläche vorbei kommen, siehe Abbildung 1. Pro Ventil gibt es einen Nocken auf der Nockenwelle und einen Kipphebel.

Die Kipphebel kann man sich wie eine Wippe vorstellen, die in der Mitte auf der sogenannten Kipphebelwelle im Ventilkammerdeckel befestigt ist. Drückt man die eine Seite nach oben, so wird die andere nach unten bewegt. In unserem Fall drückt der Nocken auf den Kipphebel und auf der anderen Seite drückt wiederum der Kipphebel auf das Ventil, welches dadurch geöffnet wird.

Das Ventil wird normalerweise durch die Ventulfeder geschlossen gehalten und durch den Druck des Kipphebels geöffnet. Ist der Nocken an der Auflagefläche des Kipphebels vorbei, löst sich der Druck des Kipphebels auf das Ventil und es schließt sich durch die Einwirkung der Ventulfeder wieder. Während der Zeit, in der das Ventil durch den Druck des Kipphebels geöffnet ist, muss das Luft-Benzin-Gemisch in bzw. das Abgas aus dem Brennraum strömen.

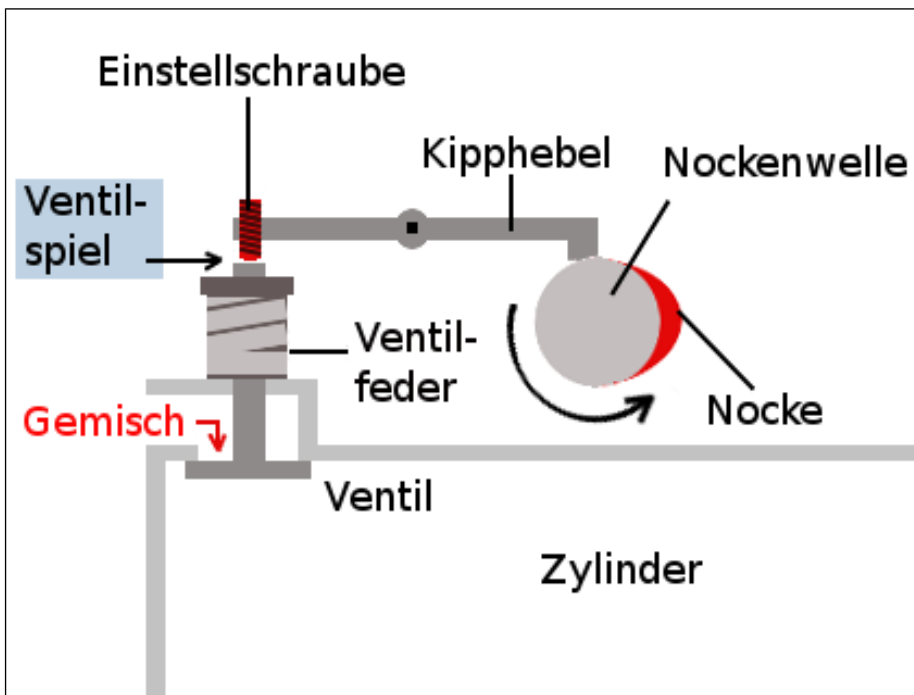


Abbildung 1: Prinzipskizze Ventiltrieb

Soweit wäre die Sache einfach. Leider ist der Motor nun aber nicht immer gleich warm und die verwendeten Materialien haben die in diesem Fall unangenehme Eigenschaft, sich mit steigender Temperatur auszudehnen (thermische Ausdehnung). So auch unsere Ventile und Kipphebel. Daher versucht man, den Motor so einzustellen, dass er im betriebswarmen Zustand optimal funktioniert, was wiederum bedeutet, dass man im kalten Zustand ein gewisses Maß an Freiraum für die thermische Ausdehnung einplanen muss. Und genau dieses Maß an Freiraum ist das sogenannte Ventilspiel. Eigentlich müsste es korrekterweise Kipphebelspiel heißen, da es sowohl das Spiel zwischen Kipphebel und Ventil als auch das Spiel zwischen Kipphebel und Nockenwelle beinhaltet.

In kaltem Zustand sollte es also zwischen Kipphebel, Nockenwelle und Ventil einen Freiraum (Ventilspiel) geben, der verschwindet, wenn sich die Bauteile beim Warmfahren des Motors ausdehnen. Idealerweise dehnen sie sich aber nur so weit aus, dass es zwar quasi kein Spiel mehr gibt, der Kipphebel aber auch keinen Druck mehr auf das Ventil ausübt, wenn das Ventil geschlossen ist.

Ist das Ventilspiel zu groß macht sich das durch ein Klickgeräusch bemerkbar und der Motor verliert an Leistung, weil die Ventile sich nicht mehr weit genug öffnen und dementsprechend nicht genug Gemisch in den bzw. aus dem Brennraum lassen. Ist das Ventilspiel zu klein, schließen die Ventile im warmen Zustand nicht mehr richtig und der Motor verliert ebenfalls an Leistung – wenn er überhaupt noch läuft. Außerdem kann bei zu kleinem Ventilspiel die Wärme, die durch die Verbrennung entsteht, nicht mehr von den Ventilen an den Zylinderkopf abgegeben werden und die Ventile können durch Überhitzung zerstört werden.

Letztendlich werden die Bauteile bei falscher Einstellung starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt und können auch dadurch Schaden nehmen. Ein paar Dinge, die mit den Ventilen schief gehen können sind in Kapitel 3 zusammen gestellt.

Zur Einstellung des Ventilspiels ist auf der einen Seite des Kipphebels eine Schraube

vorgesehen (Einstellschraube), siehe Abbildungen 1 und 4.

Die Fotos in den Abbildungen 2 und 3 zeigen den Zylinderkopf und den Ventilkammerdeckel einer XS400. In Abbildung 2 ist der geöffnete Zylinderkopf von oben fotografiert. Man kann in der Mitte die Steuerkette erkennen, die die Nockenwelle antreibt. Rechts und links sind jeweils 2 Nocken auf der Nockenwelle angeordnet, jeweils einer für das Einlassventil (in Bild oben) und einer für das Auslassventil (unten). Die Ventile selber sind quasi nicht zu sehen, da sie in den Ventildfedern versteckt sind. Die Ventildfedern werden oben von einem Ventilteller gehalten. In dessen Mitte ist jeweils das Ende eines Ventils zu erkennen.

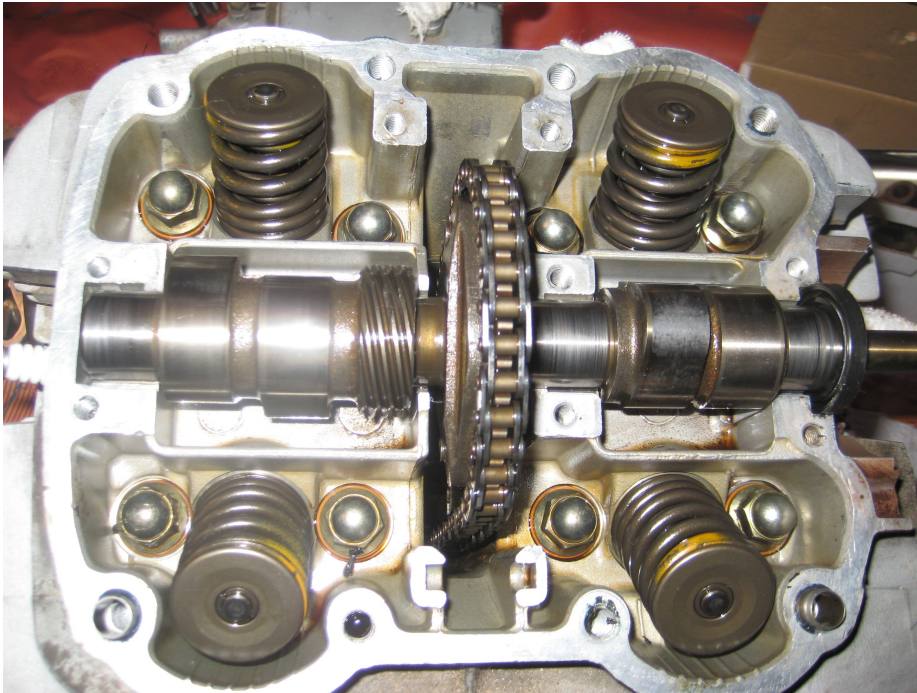


Abbildung 2: Ventile, Nockenwelle und Steuerkette im Zylinderkopf

In Abbildung 3 ist der Ventilkammerdeckel von unten fotografiert. Es sind die 4 Kipphebel zu erkennen. Die größeren quadratischen Enden laufen auf der Nockenwelle, die kleineren runden Enden sind die Enden der Einstellschrauben, die auf die Ventile drücken.

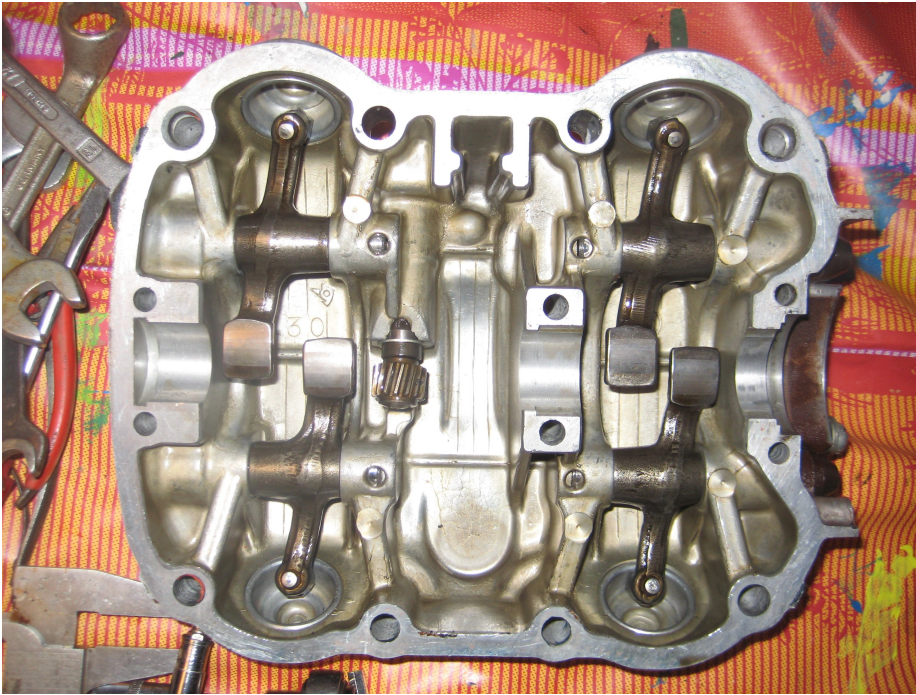


Abbildung 3: Kipphebel im Ventilkammerdeckel

In Abbildung 4 sind 2 Kipphebel mit verschiedenen Einstellschrauben fotografiert. Die Einstellschrauben sind jeweils mit Kontermuttern gesichert.



Abbildung 4: Kipphebel mit verschiedenen Einstellschrauben (Inbus- oder Schlitzschraube)

2. Einstellung des Abstands (Ventilspiel)

2.1 Vorarbeiten

Das „Ventilspiel“ wird grundsätzlich bei kaltem Motor eingestellt. Das Motorrad sollte sicher und von allen Seiten zugänglich stehen (Hauptständer). Staub und Niederschlag sollten tunlichst vermieden werden. Die Zündung sollte nicht eingeschaltet sein.

Zunächst wird der Tank demontiert.

Um den Motor in die richtige Position drehen zu können ist es sinnvoll den runden Deckel über der Lichtmaschine zu entfernen (links am Motor, 4 Schrauben, der wo Yamaha drauf steht). Beim Öffnen werden einige Tropfen Öl austreten, es muss also eine Schüssel untergestellt werden.

Alternativ kann der Motor auch mit dem Kickstarter gedreht werden, dann können allerdings die Markierungen auf dem Lichtmaschinenrotor nicht beobachtet werden, so dass diese Methode eher für geübte Schrauber geeignet ist.

Die Zündkerzen werden heraus geschraubt. Dadurch entsteht im Motor kein Überdruck (durch die Kompression) und er kann einfacher gedreht werden. Vor allem bleibt er auch in jeder Position stehen.

Die Einstellschrauben für das Ventilspiel befinden sich hinter den 4 kleinen runden Deckeln im Zylinderkopf, die deswegen für die Einstellarbeiten geöffnet werden. Der Motor sieht dann aus wie in Abbildung 5.

Um das Ventilspiel zu messen, braucht man einen Satz Fühllehren (Blattlehren) mit Stärken von 0,05 bis 0,30 mm. Da der Spalt zwischen Ventil und Kipphebel etwas schwer zu erreichen ist, ist es sinnvoll, den ersten cm der Lehre um ca. 45° umzubiegen.



Abbildung 5: Einstellschraube hinter geöffnetem Ventildeckel

2.2 Einstellung des Ventilspiels

Hinter dem Lichtmaschinenendeckel befindet sich das linke Ende der Kurbelwelle mit einer zentralen Sechskantschraube. Mit einem passenden Schlüssel kann die Kurbelwelle und damit die Nockenwelle in die jeweils richtige Position gedreht werden. Die Kurbelwelle sollte immer gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, damit die Spannung der Steuerkette der des laufenden Motors entspricht.

Das Ventilspiel stellt man sinnvollerweise ein, wenn der Kolben oben im Zylinder steht, also im sogenannten oberen Totpunkt. Bei einem 4-Takt-Motor gibt es während einer vollen Arbeitszyklus' allerdings 2 obere Totpunkte. Bei dem einen sind beide Ventile mehr oder weniger auf, da das Abgas gerade ausgestoßen wurde und der Motor beginnt, Gemisch anzusaugen. In diesem Totpunkt kann das Ventilspiel nicht eingestellt werden, da die Kipphebel auf die Ventile drücken. Der zweite Totpunkt steht an, wenn der Zylinder gefüllt ist und die Zündkerze gerade funkt (jedenfalls so in etwa). In diesem Totpunkt sind beide Ventile geschlossen und das Spiel kann eingestellt werden.

Für den interessierten Laien bedeutet das, dass die Kurbelwelle 2 Umdrehungen macht, bis die Nockenwelle oben im Zylinderkopf eine Umdrehung gemacht hat.

Zuerst kontrollieren wir das Ventilspiel auf der linken Seite. Dazu wird der linke Zylinder auf den oberen Totpunkt gebracht. Dieser ist erreicht wenn im Schauloch an der Kurbelwelle die Markierung LT zu sehen ist. Wie oben beschrieben gibt es nun 2 Möglichkeiten. Entweder beide Kipphebel auf der linken Motorseite haben Spiel gegen die Ventile, dann kann das Ventilspiel eingestellt werden, oder nicht, dann muss die Kurbelwelle eine Umdrehung weiter gedreht werden.

Sollte auf beiden Totpunkten kein Spiel festzustellen sein, ist der Motor ziemlich verstellt und es ist über alternative Möglichkeiten nachzudenken, wie man den richtigen Totpunkt findet. Zum Beispiel über die Beobachtung der Zündkontakte. Ebenso ist vor zu gehen, wenn auf beiden Totpunkten Spiel vorhanden ist.

Um zu prüfen, ob Spiel an den Kipphebeln vorhanden ist, greift man den Kipphebel mit 2 Fingern und ruckelt leicht daran. lässt er sich auf und ab bewegen, so ist das das Ventilspiel.

Das Ventilspiel wird nun gemessen, indem man die Fühllehren zwischen Ventilende und Kipphebel schiebt. Das Ventilspiel entspricht der Stärke der Fühlerlehre, die gerade eben noch zwischen Ventil und Kipphebel passt (sich saugend dazwischen schieben lässt). Geht die Lehre sehr leicht dazwischen, kann die nächst größere versucht werden. Wenn man Kraft aufwenden muss, um eine Lehre in den Spalt zu schieben ist die Lehre zu dick und es sollte die nächst kleinere versucht werden.

Das Ventilspiel sollte (bei kaltem Motor) in folgenden Bereichen liegen:

Einlass (Vergaserseite): 0,08 bis 0,12 mm

Auslass (Krümmerseite): 0,16 bis 0,20 mm

Das Ventilspiel ist auf der Auslassseite größer, da hier die heißen Abgase vorbei kommen und das Auslassventil entsprechend heißer wird. Deshalb ist hier die thermische Ausdehnung größer.

Werden die vorgegebenen Bereiche nicht eingehalten, muss das Ventilspiel eingestellt

werden. Dazu löst man die Kontermutter der Einstellschraube (am besten mit einem gekröpften Ringschlüssel) und dreht die Einstellschraube je nach aktuellem Spiel etwas herein oder heraus. Dann zieht man die Kontermutter wieder fest, wobei man darauf achtet, dass die Einstellschraube sich nicht mehr dreht (mit Schraubendreher fest halten), und kontrolliert das Spiel erneut.

Hat man die beiden Ventile des linken Zylinders eingestellt, dreht man die Kurbelwelle eine halbe Umdrehung weiter auf RT und stellt entsprechend das Ventilspiel bei den beiden rechten Ventilen ein.

Will man nach dem Einstellen des Ventilspiels auf der rechten Seite das Ventilspiel links kontrollieren, muss man die Kurbelwelle 1,5 Umdrehungen weiter drehen. Das liegt daran, dass die XS400 ein sogenannter Gegenläufer ist. Die Kolben wandern im Motor abwechselnd nach oben. Daher zündet die XS400 nicht gleichmäßig sondern quasi immer auf dem ersten und zweiten Viertel eines Vier-Viertel-Takts: Z-Z-0-0-Z-Z-0-0-...

Wenn alle Ventile ein korrektes Ventilspiel haben und keine weiteren Arbeiten anstehen, kann das Motorrad nun wieder zusammen gebaut werden.

3. Fehlerquellen / Schäden

3.1 Fehlerquellen bei der Messung

Abgesehen davon, dass man nicht besonders gut mit den Fühllehren an die richtige Stelle kommt, gibt es im Großen und Ganzen nur ein Problem, was beim Messen des Ventilspiels auftreten kann. Durch das ständige Schlagen der Einstellschraube auf das Ventilende ist dieses irgendwann nicht mehr eben, sondern bildet eine kleine Delle. Das wäre nun nicht weiter schlimm, weil auch in der Delle die gleiche thermische Ausdehnung statt findet. Dummerweise kann man aber mit einer ebenen Fühllehre einen vertieften Bereich schlecht messen. Daher kann es passieren, dass man mit der Fühllehre scheinbar das richtige Spiel einstellt, das wahre Spiel aber größer ist, da die Vertiefung noch hinzu kommt. Stellt man also bei scheinbar korrekt eingestellten Ventilen weiterhin Symptome von zu großem Ventilspiel fest (Klicker-Geräusche, fehlende Leistung), so sollte der Ventilkammerdeckel geöffnet und die Enden der Ventile kontrolliert werden.

Ein weiterer möglicher Fehler wäre, wenn das Spiel am falschen Totpunkt eingestellt wird. Dann würden sich die Ventile nicht mehr öffnen, weil sie immer Spiel hätten, und der Motor könnte nicht mehr gestartet werden.

3.2 Schadensbilder

Zum Abschluss gibt es nun noch ein paar Bilder von Schäden, die im Bereich der Ventile auftreten können.

Abbildung 6 zeigt eine Kipphebelwelle. Der Kipphebel wurde demontiert und liegt dahinter. Es ist zu erkennen, dass die Welle deutliches Spiel in der Lagerung hat. Dieses ist entweder auf zu kleines Ventilspiel oder auf mangelnde Schmierung zurück zu führen. Der Ventilkammerdeckel ist in diesem Fall ein Kandidat für den Schrott. Eine neue Lagerung einbauen wäre aufwändig und teuer. Und da Ventilkammerdeckel und Zylinderkopf zusammen gehören ist auch der zugehörige Zylinderkopf nichts mehr wert.

Abbildung 7 zeigt einen Kipphebel der sich auf der Nockenwelle eingelaufen hat. Es ist eine deutliche, rinnenartige Vertiefung zu erkennen. Auch dieser Schaden ist auf zu kleines Ventilspiel oder auf mangelnde Schmierung zurück zu führen. Da die Kipphebel an der Oberfläche gehärtet sind und die Härteschicht nun defekt ist, ist der Kipphebel zu erneuern. Es ist zu hoffen, dass wenigstens die Nockenwelle keinen Schaden genommen hat.

Abbildung 8 zeigt keinen direkten Schaden, sondern mehr die Folgen. An dem Motorrad auf dem Bild hatte sich während einer Tour die Kontermutter von einer Einstellschraube gelöst und das Ventilspiel wurde daraufhin rapide größer. Der Schaden machte sich durch Geräusche und Leistungsverlust bemerkbar. Da die Kontermutter bereits von der Einstellschraube abgefallen war, musste vor Ort der Ventilkammerdeckel geöffnet werden. Die Kontermutter konnte unversehrt geborgen werden, die Einstellschraube war allerdings gegen den Ventildeckel geschlagen und hoffnungslos verbogen. Es konnte aber kurzfristig eine Ersatzschraube besorgt und eingebaut werden, so dass der Fahrer die Fahrt nach einer zweistündigen Pause fortsetzen konnte. Das Foto zeigt Dirk und Bernd bei der Diagnose.

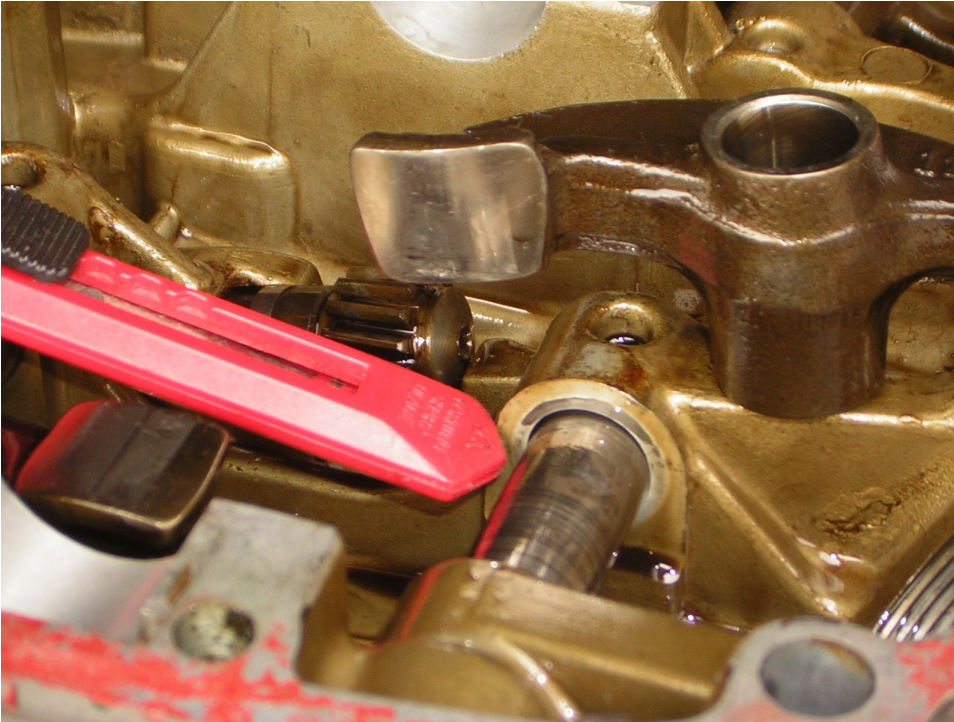


Abbildung 6: Lagerung der Kipphebelwelle defekt



Abbildung 7: Kipphebel an der Nockenwelle eingelaufen



Abbildung 8: die Kontermutter einer Einstellschraube hatte sich gelöst...