



*Bolted on
Tapped blocks,
dritter Nocken
von links ist für
die Bremspumpe*



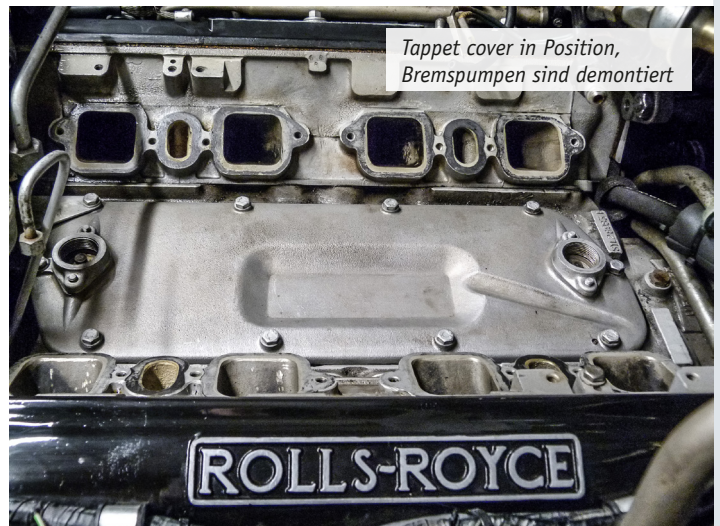
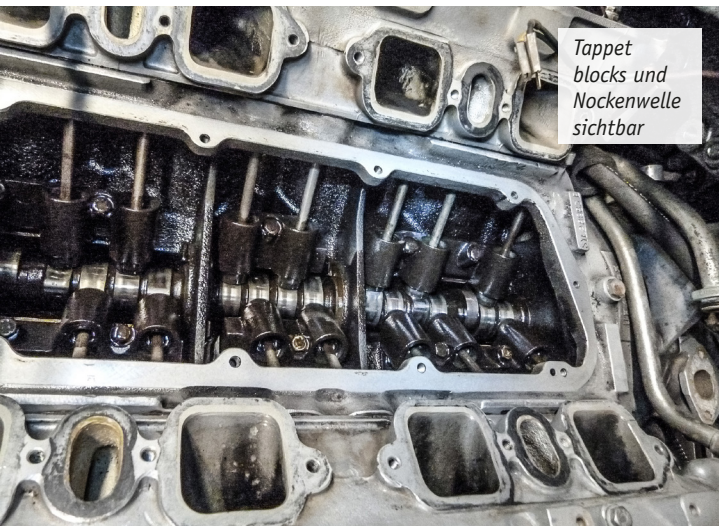
Die Hydrostößel, wie genau funktionieren die eigentlich?

Von den Hydrostößeln, den `hydraulic tappets`, von den Geräuschen und den Problemen, die sie machen können, hat wohl fast jeder schon mal gehört. Sie waren schon bei dem V12 Motor aus dem Phantom III eingebaut, damals noch mit wenig Erfolg. Denn die notwendige Sorgfalt bei Öl- und Filterwechsel in der damaligen Zeit wurde nicht immer beachtet. So stellte Rolls-Royce noch während der Produktionszeit wieder auf solide Ventilstößel um. Doch die Vorteile von automatischem Ventilspiel-Ausgleich liegen auf der Hand: Das Ventilspiel muss nicht mehr regelmäßig eingestellt werden, das optimale Ventilspiel sorgt für geringen Verschleiß an allen Teilen des Ventiltriebs und die Öffnungszeiten der Ventile können für bessere Motorleistung optimiert werden.

Mit der Neuentwicklung des legendären V8 wagte Rolls-Royce also erneut die Einführung von hydraulischem Ventilspielausgleich, nachdem die ersten Versuche noch mit soliden Tappets nicht befriedigend waren. Debüt hatten die hydraulischen Stößel im Jahre 1959 im Silver Cloud II, bzw. Bentley S2. Die Öl-Qualität und die Öl-Filter waren in der Zwischenzeit besser geworden und nicht zuletzt waren besonders bei der amerikanischen Konkurrenz hydraulische Stößel schon weit verbreitet. So basierte dann auch das verwendete Design auf der Entwicklung von Chrysler.

Rolls-Royce bestellte 500 Tappets von der Firma `Chicago Screws`, die tausende täglich produzierte. Die Funktion war zufriedenstellend, aber man entschloss sich doch, die Tappets besser in Eigenproduktion in Crew herzustellen.

Am 25. September 1959 veröffentlichte die englische Zeitschrift `The Autocar` einen umfangreichen Artikel zum neuen V8-Motor von Rolls-Royce, in dem sehr detailliert die technischen Merkmale des Motors erklärt wurden. Unter anderem eben auch eine exakte Beschreibung der Funktion der Tappets.



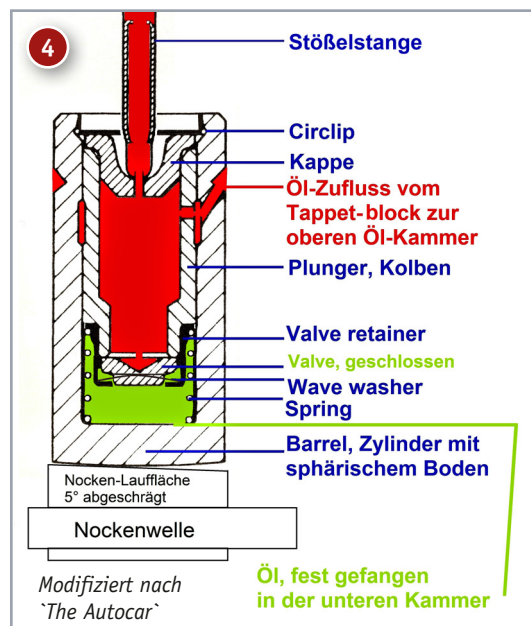
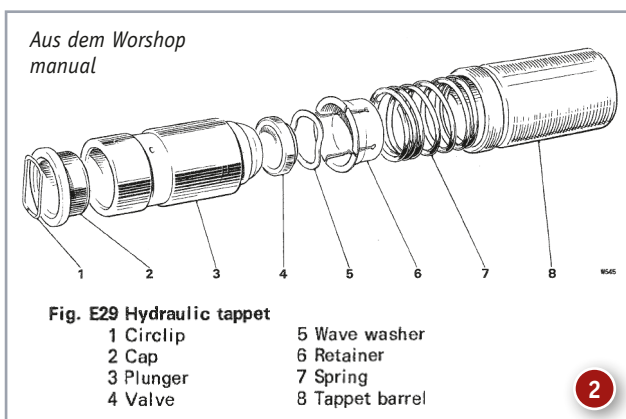
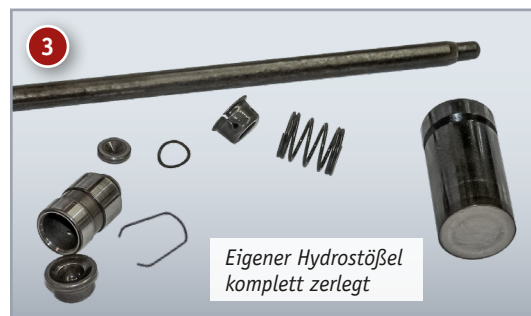
Diesem Artikel habe ich auch eine technische Abbildung entnommen, die ich farblich noch etwas modifiziert habe (Abb. 4).

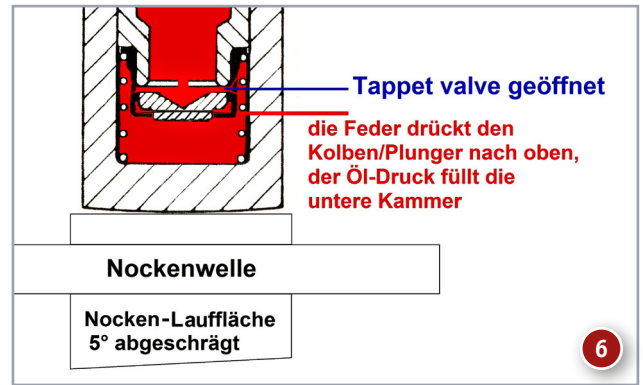
Zunächst soll einmal kurz das Grundprinzip und die verschiedenen Einzelteile des Hydrostößels erläutert werden, um dann im Detail jeden einzelnen Funktionszustand der Hydros während der Nockenwellenumdrehung zu erklären.

Zentral im V des Motors liegt die Nockenwelle und unmittelbar darüber sind an jeder Seite drei Tappetblocks angeschraubt (Abbildungen Tappet-cover in Position und Nockenwelle sichtbar). Diese Blocks haben zylindrische Bohrungen, in denen sich die Hydrostößel bei jeder Nockenwellen-Umdrehung auf und ab bewegen und so über die Stößelstangen und Kipphebel die Ventile betätigen (Abb. 1 und Video bei YouTube <https://youtu.be/mTEVJhdtREI>).

Die hydraulischen Ventilstößel selbst bestehen prinzipiell aus einem Zylinder (Barrel) mit geschlossenem Boden, gefertigt aus Gusseisen, ferner einem

Kolben (Plunger), der sich in dem Zylinder, durch eine Feder nach oben gedrückt, geringfügig auf und ab bewegen kann, dann aus zwei Öl-Kammern, die über ein Rückschlagventil miteinander verbunden sind, und aus kleinen Öl-Bohrungen. (Abb. 2 aus dem Workshop manual; Abb. 3 eigener zerlegter Stößel; Abb. 4 modifiziert nach 'The Autocar')





Bei der Entwicklung des V8 haben sich die Rolls-Rolls Ingenieure entschlossen, die Führung der Stößel in separaten Blöcken unterzubringen, die in dem Zylinderblock festgeschraubt werden. Die Fertigung von Stößel-Führungen, die im Kurbelgehäuse integriert sind, wäre produktionstechnisch zu schwierig gewesen. So bot sich ferner die Möglichkeit, die Fertigungstoleranzen von Tappet-block und Tappets genauer aufeinander abzustimmen. Es gibt für beide zwei Durchmesser-Größen. Tappet-blocks mit Farbcode weiß haben 22,981 bis 22,987 mm Durchmesser, Farbcode rot 22,987 bis 22,993 mm; Tappets mit einer Kerbe am oberen Rand (Abb. 5) haben 22,962 bis 22,968 mm Durchmesser (passend zu Farbcode weiß) und mit zwei Kerben 22,968 bis 22,974 mm (passend zu Farbcode rot). Die Tappet-blocks sind mit Öl-Bohrungen versehen und leiten das Öl unter Druck zum Inneren der Gleitfläche. Hierüber wird nicht nur die Gleitfläche geschmiert, sondern es wird auch über eine zirkuläre Kerbe in der Tappet-Außenseite das Öl in das Innere des Stößels geleitet. Da das Öl aus dem Inneren des Tappets auch noch die gesamte, innen hohle Stößelstange hochsteigen muss, um die Kontaktfläche zum Kipphebel zu schmieren, wird klar, dass diese eng abgestimmten Toleranzen notwendig sind, damit hier nicht zu viel Öl-Druck verloren geht. Die Aftermarket-tappets haben übrigens keine Durchmesser-Kennzeichnung. Bei Ersatz-Tappets, die nicht von einem Rolls-Royce-Spezialisten stammen, muss auch darauf geachtet werden, dass die Tappet-Kappe eine zentrale Bohrung hat, um die Stößelstange mit Öl zu versorgen.

Nun zu der Funktion der Hydros. Während die Ventile geschlossen sind und der Stößel sich auf dem niedrigen Teil der Nockenwelle befindet, füllt der Öl-Druck des Motors den unteren Teil der Öl-Kammer. Denn jetzt drückt die Feder im Stößel den Stößelkolben nach oben und das innere Stößelventil öffnet sich. Die untere Öl-Kammer füllt sich so lange, bis das

Ventilspiel nahezu auf null reduziert wird (Abb. 6). Sobald der Nocken beginnt den Ventilstößel anzuheben, steigt der Druck in der unteren Kammer, das Rückschlagventil schließt, und über das nun in der unteren Kammer eingeschlossene Öl, kann sich der volle Nockenhub auf den Stößelkolben übertragen. So kann dieser unter Beibehaltung des geringsten Ventilspiels das Ventil öffnen (Abb. 4). Solange bis die untere Kammer ganz gefüllt ist, klappern die Ventile also noch. Füllt sich nach dem Kaltstart die untere Kammer maximal auf, weil das Ventilspiel noch sehr groß ist, würde dies aber dazu führen, dass bei warmem Motor das Ventilspiel viel zu eng wird. Enges Ventilspiel kann erhebliche Folgen haben. Die Wärme am Ventil wird schlechter über den Ventil Sitz abgeführt, die Ventile können überhitzen und abreißen. Auch nimmt der Verschleiß an der Nockenwelle deutlich zu. Darum muss aus der unteren Kammer das Öl auch wieder entweichen können. Dies geschieht über den sehr, sehr schmalen Spalt zwischen Plunger und Barrel, also zwischen dem Stößelkolben und dem äußeren Zylinder.

Nun wäre Rolls-Royce nicht Rolls-Royce, wenn nicht auch an dieser Stelle besondere Sorgfalt bei der Herstellung vorgeherrscht hätte. Die echten Enthusiasten werden verstehen, dass ich hier folgendes Zitat einfügen muss, dass so sehr den Rolls-Royce-Mythos rechtfertigt. Es ist ebenfalls aus der englischen Motor-Zeitschrift, 'The Autocar', aus einem Artikel vom 15. Februar 1963 mit dem Titel 'All for the Best', in dem die Reporter die ganz besonderen Produktionstechniken in Crewe beschreiben, unter anderem heißt es dort:

„Next visit was the tappet room, where the vee-8 engine's hydraulic valve lifters are fine ground to very close tolerances. ... First the bore is taken to within three ten-thousandths of an inch, then this finished dimension

automatically sets an electronic machine that grinds the piston to match – with a running clearance of two tenths (0.0002in). The parts are then washed by ultra-sonic vibration and assembled submerged in paraffin before undergoing a leak-down test, also in paraffin, under a 50lb weight. Timed over an eighth of an inch of travel, the piston must not take fewer than 20 nor more than 80 sec. Tappets are matched in three groups by timing, 20-40, 40-60 and 60-80 sec., then sealed in plastic containers and dispatched to the engine assembly line.“

Das bedeutet, nicht nur die Fertigungstoleranzen für Stößelzylinder und -kolben (Barrel und Plunger) waren bei der Herstellung individuell, elektronisch aufeinander abgestimmt, sondern zusätzlich wurden die Hydros dann noch in drei Gruppen mit gleichen Eigenschaften zusammengestellt. Welch extreme Sorgfalt, so begründet sich ein Mythos.

Dies Ganze heißt aber, dass für die einwandfreie Funktion der Tappets, frischem und sauberem Öl eine große Bedeutung zukommt. Denn bei den engen Fertigungs-Toleranzen würden bei Öl-Schlamm oder -Verschmutzung die Kanäle verstopfen, das innere Ventil nicht mehr richtig schließen oder der Tappet-Kolben (Plunger) stecken bleiben. Luft in dem System kann eigentlich automatisch entweichen, zum einen über den Abfluss über die Stößelstangen, zum anderen über den sehr schmalen Clearance-Spalt zwischen Tappet-barrel und -plunger (Stößelzylinder und -kolben). Dieser winzige Spalt ist auch der Grund, warum beim Starten des Motors die Ventile kurz klappern. Denn einige Stößel sind bei abgestelltem Motor immer teilweise oder ganz von der Nockenwelle angehoben. Der stetige Druck auf den Stößelkolben quetscht das Öl langsam aus der unteren Kammer.

Von meinen eigenen Erfahrungen bei der Inspektion der Hydrostößel möchte ich noch folgendes berichten. Vor dem Herausnehmen der Tappets aus dem Block sollte man den Motor mit dem Anlasser durchdrehen, und beobachten, ob die Tappets sich auch alle ein kleines Stück in dem Block um ihre Längsachse drehen. Dreht sich einer nicht, liegt hier ein Problem vor. Das Zerlegen und Säubern eines Stößels, ist im Prinzip sehr einfach. Aufpassen sollte man beim Entfernen des oberen Circlip/Sicherungs-Clips, denn der fliegt gerne mal durch die Gegend und ist schwer wieder zu finden. Natürlich darf man nichts zerkratzen oder untereinander tauschen. Das

Testen der Funktionsfähigkeit habe ich mit völlig in Petroleum eingetauchten Stößeln durchgeführt. Dazu muss man mit einem schmalen Dorn zentral in den Stößel von oben hineingehen und sanft das innere Ventil niederdrücken. Dann den Stößelkolben und den Dorn parallel runter drücken. Dabei entleert sich die noch vorhandene Luft und beim Loslassen füllt sich die untere Kammer mit Petroleum. Dies solange wiederholen, bis keine Luft mehr entweicht. Jetzt den Dorn herausnehmen. Der Stößelkolben muss sich jetzt fest anfühlen und darf sich nicht niederdrücken lassen. Vor dem Wiedereinbau erfolgt die gleiche Prozedur mit Motoröl, wobei die untere Kammer dann nicht ganz gefüllt sein sollte.



Auf Abbildung 7 ist der eine Stößel zu sehen, der bei meiner Inspektion geringe Pittings aufwies. Ich war mir nicht sicher, ob der ausgetauscht werden musste. Der Aftermarket-Tappet hatte aber einen Durchmesser von nur 22,95 mm, wobei in meinem Fall der Original-Stößel mit einer Kerbe auf dem Rand einen Durchmesser von 22,962 bis 22,968 mm haben sollte. Also würde der Austausch-Stößel ein größeres Spiel haben. Auch war ja die eigentliche, kreisrunde Kontaktfläche ohne Pittings. Weil ich auch irgendwie für das Originale war und die Abstimmung von Tappet-block, Stößel und Nockenwelle nicht stören wollte, habe ich dann doch wieder das Original eingebaut.

Nun noch eine kleine Erläuterung zum Zusammenwirken von Nockenwelle und Tappets. Der Boden der Tappets, also die Kontaktfläche mit der Nockenwelle ist sphärisch und entspricht einem Kreisradius von 50 Inch. Zusätzlich weicht die Oberfläche des Nockens ein paar Grad aus der Parallelen (zur Nockenwellenachse) ab. Daraus ergibt sich, dass die Kontaktstelle zwischen Nocken und Tappet leicht nach außen versetzt liegt (auf Abb. 4 und 6 zu erkennen) und bei jedem Anheben auch eine Drehbewegung des Tappets erfolgt. Dies führt zu

deutlich geringerem Verschleiß. Auf Abb. 7 ist die kreisrunde Kontaktfläche auf dem Boden des rechten Tappets zu erkennen, der außerdem zentral geringe Pittings aufweist.

Aus all dem Gesagten wird schließlich klar, dass die Teile eines Stößels nicht mit denen eines anderen getauscht werden können und jeder Tappet an genau seinem Platz im Tappet-block gehört. Sollte nach sehr langer Lebenszeit mal eine neue Nockenwelle nötig werden, dann sollten auch alle 16 Stößel erneuert werden. In diesem Zusammenhang ist der Hinweis nötig, dass bei stark verschlissenen Motor oder bei einer kompletten Überholung von Motor oder Zylinderköpfen es zu relevanten Veränderungen aller Maße zwischen Nockenwelle und Kipphebelwelle kommen kann und deshalb sehr spezielle Justierverfahren nötig sind. Diese sind nachzulesen u. a. bei ‚flying spares‘.

Abbildung 8 zeigt den Vergleich eines Original-Rolls-Royce Tappets mit einem Aftermarket-part. Man sieht an dem Tragbild auf der Außenfläche des Originals, wie sich dieser exakt auf den Tappet-block eingespielt hat. Ferner ist zu erkennen, dass die zirkulär umlaufende Rinne bei dem Original nur sehr schmal ist. Dies bedeutet, dass die Öl-Zufuhr aus dem Tappet-block unterbrochen wird, wenn die Nockenwelle den Stößel anhebt. Dadurch wird noch zusätzlich schergestellt, dass das innere Tappet-Ventil während des Hubs auch schließt, da nun der Öl-Druck von der oberen Kammer wegfällt. Bei dem ‚neuen‘ Tappet schließt das innere Ventil allein durch die beginnende Hebung und den damit verbundenen Druckaufbau in der unteren Kammer. Im Übri-



gen ist in den ‚neuen‘ Stößeln ein klassisches Kugelventil mit kleiner Spiralfeder vorhanden, während die Originale flache Tellerventile mit Wave washer/Federring aufweisen. Die kleine Öl-Bohrung, die ins Innere führt, ist auf beiden Tappets zu erkennen.

Bei guter Motorpflege, besonders sehr regelmäßigen Öl- und Filterwechseln, funktionieren die Hydrostößel absolut zuverlässig und sehr langlebig, die Ventile klappern dann wirklich nur am Anfang kurz nach dem Starten. Dies alles aufgrund des technisch simplen Prinzips und der extremen Sorgfalt bei der Produktion. In diesem Sinne bleibt der Mythos um die Tappets also bestehen.

Text und Bilder von Volkmar Kunde, Osnabrück

Quellen:

- *Rolls-Royce Workshop Manual, TSD 4200*
- *‚Bentley’s Great Eight‘, von Karl Ludvigsen, 2010, Dalton Watson Fine Books, ISBN: 978-1-85443-241-4*
- *‚Rolls-Royce, Autocar‘, 1981, Business Press Limited, ISBN: 0 600 34981 0*

