

**Nebenwellen - Nietenproblem und dessen Behebung  
K100 2V frühe Typen**

**bebilderte Symptomschilderung und Reparaturanleitung**

**Funktionsbeschreibung**

**Zustand vor der Reparatur**

**Problembeschreibung**

**Problemlösung**

**andere Schadenssymptome**

**Ansichten für Fertigung und Nacharbeit aus einem 3D-CAD -System**

**Bilder neu gefertigter und nachgearbeiteter Teile**

**Zeichnungen und Skizzen**

**Hilfsmittel und Normteile**

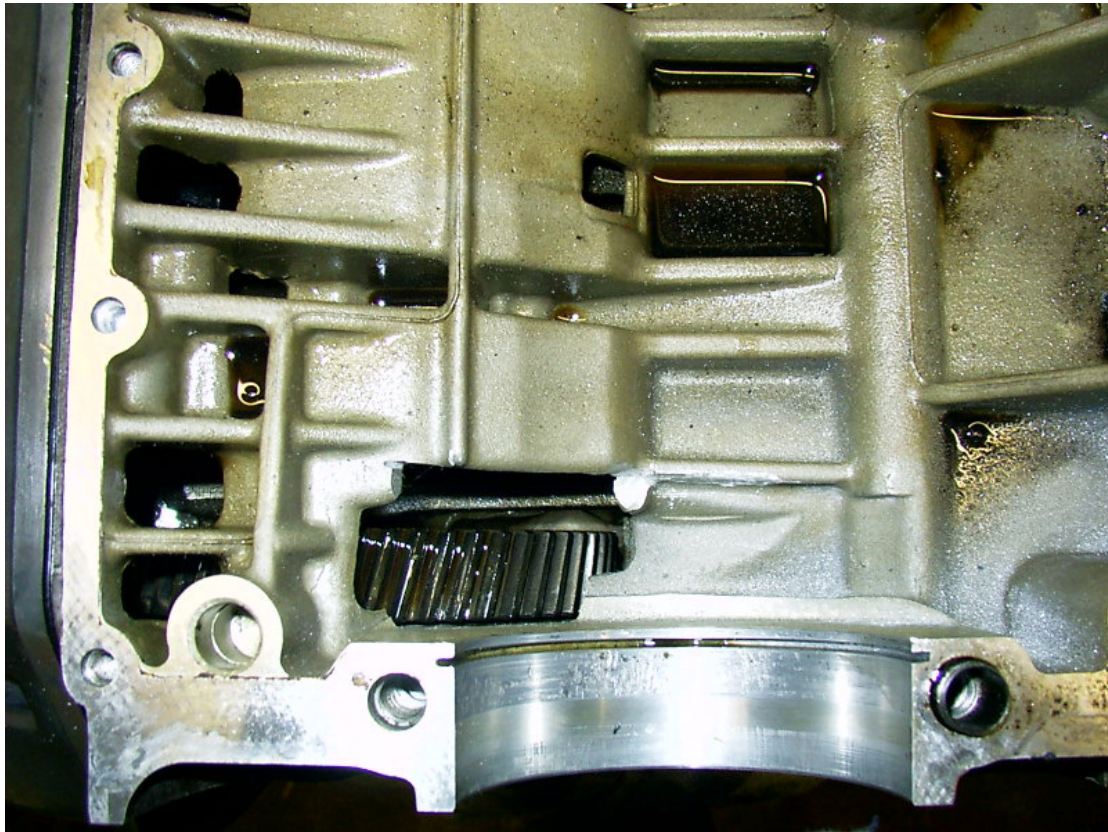
**Schlußvermerk**

## Problem- und Funktionsbeschreibung

### Langzeitdefekt bei Nebenwellenantrieb der frühen 2V-K100-Ausführungen und dessen Behebung

Bei den K's sitzt auf dem hinteren Kurbelwellenstumpf ein schrägverzahntes Zahnrad, welches die sogenannten „Nebenwelle“ antreibt.

Das folgende Foto zeigt einen Teil dieses Zahnrades von der Ölwanne aus gesehen.

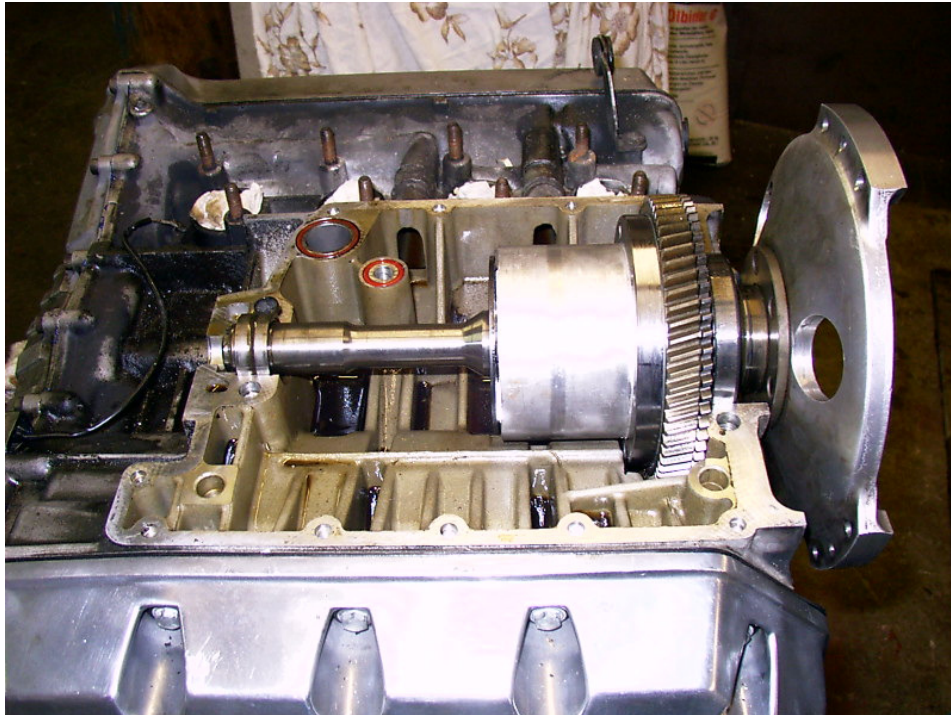


Gleichfalls sind zu erkennen:

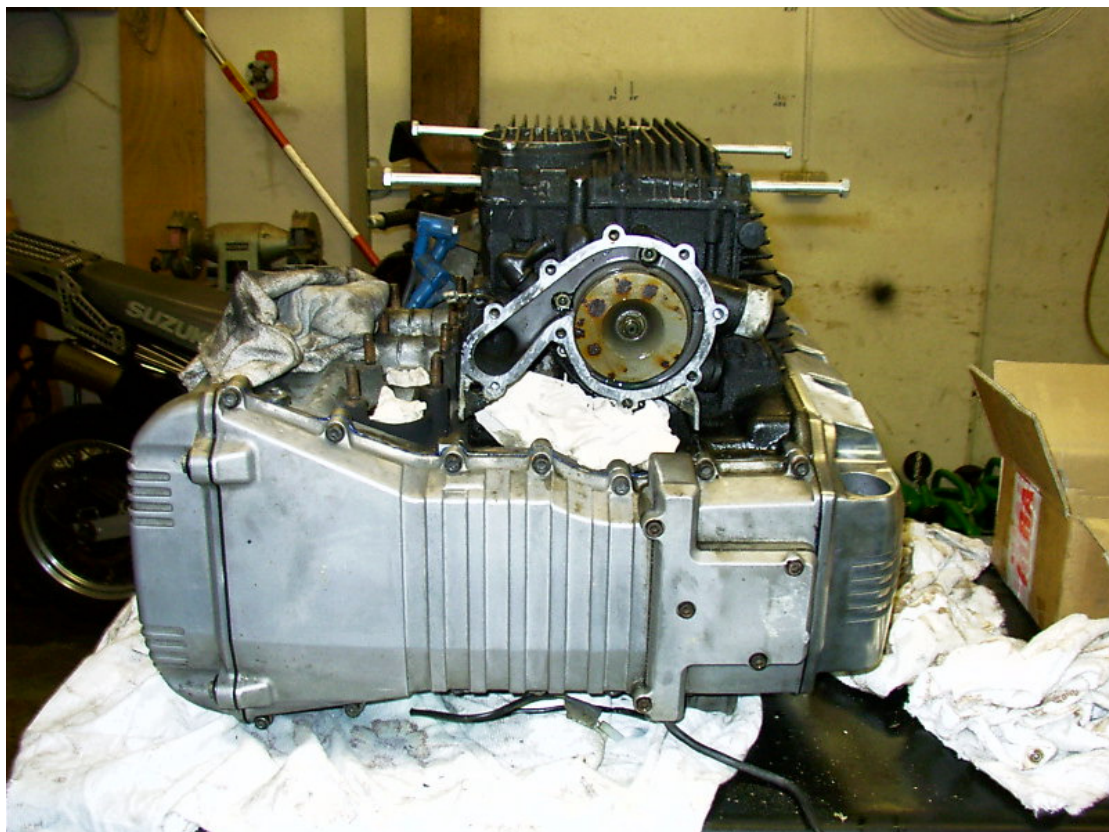
- Der Einstich für das Hauptlager, axial bei diesem Baujahr mit Seegerring fixiert.
- Beschädigungen des Lagersitzes infolge Mitdrehen des Lageraußenringes.
- Im Gehäuse wurden bereits geringfügige Nacharbeiten zur Platzbeschaffung für die anstehende Reparatur vorgenommen.

Die Nebenwelle läuft parallel zur Kurbelwelle durch die Ölwanne, ist dort gelagert, und trägt am hinteren Ende ein axial geteiltes Zahnrad, welches mit dem der Kurbelwelle im Eingriff ist.

(Das Foto zeigt den Zustand nach Reparatur der Nebenwelle durch einen Druckring.)

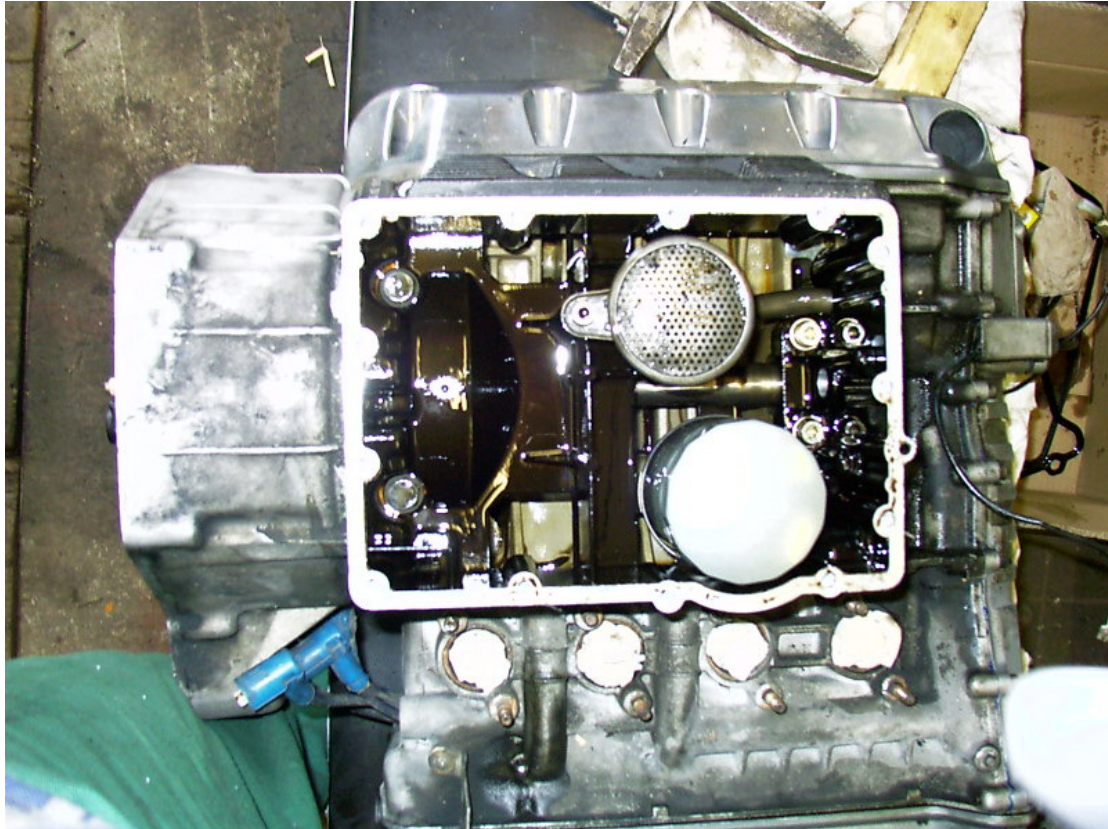


Am vorderen Ende treibt die Nebenwelle Wasser- und Ölpumpe an, hier ist das Wasserpumpenrad gut zu sehen, Ölwanne und Ölwannendeckel sind noch montiert:





Dieses Foto zeigt die Ölwanne von unten, die Nebenwelle ist verdeckt.



Die Nebenwelle dreht sich gegenläufig zur Kurbelwelle, um die dynamischen Massenmomente ausgleichen zu können.  
(Keine "Wankbewegungen" beim Gasgeben und -wegnehmen, wie bei 2V-Boxer und Guzzi)



Die beiden Hälften des axial geteilten Zahnrades sind über eine Feder verspannt, dieses System dient theoretisch zur Erzeugung einer spielfreien Verzahnung, ist aber in diesem Fall aufgrund zu geringer Federkräfte nicht recht wirksam.  
Für eine Verhinderung schädlicher Drehschwingungen mag die Methode nützlich sein.

Hier die Feder(n):



-Links ein neues und gut passendes Teil.  
-Rechts ein später verbautes, ungünstig geformtes und in den Aufnahmelöchern aufgeweitetes Exemplar.

Für die bevorstehende Reparatur sollte unbedingt das links gezeigte Exemplar besorgt werden, bei gleichem Verspannmoment verfügt es über eine kleinere Außenkontur!

Die Nebenwelle trägt weiterhin einen Schwingungsdämpfer, der aus einem Aluminiumtopf mit integrierten Gummielementen besteht.

Der Aluminiumtopf wiederum ist mit dem geteilten Zahnrad vernietet, Nietendurchmesser 6mm, Anzahl 6.

Der Drehmomentfluß ist:

- Kurbelwelle mit Zahnrad
- Geteiltes Zahnrad
- Aluminiumtopf des Schwingungsdämpfers über Nieten
- Gummielemente des Schwingungsdämpfers
- Nebenwelle
- Wasser-/Ölpumpe bzw. Kupplungskorb am hinteren Ende der Nebenwelle.

**Genau die beschriebenen Nieten sind die absolute Schwachstelle in diesem System!**

### Zustand vor der Reparatur:

Hier ein unbeschädigter Dämpfertopf, noch vernietet:



man kann die geringe axial tragende Kreisringfläche der Nieten ahnen/erkennen, welche für die aufkommende Problematik verantwortlich zeichnet.

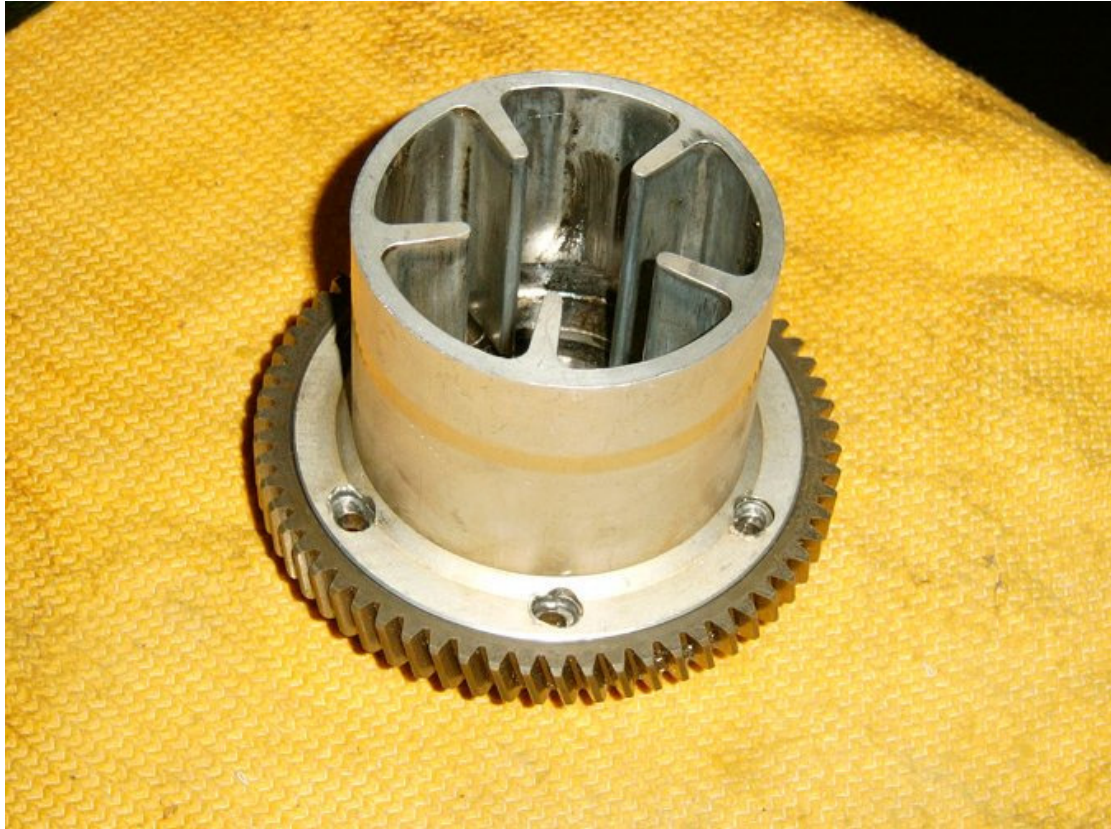
Hier das noch unbeschädigt vernietete Hauptzahnrad:



von dieser Seite aus sind später die Niete auszubohren, die Bohrungen im Zahnrad selber bleiben stets unbeschädigt.



Hier sind die Nieten bereits ausgebohrt, man kann die böß beschädigten Bohrungen im Dämpfertopf-Flansch sehen:



Das "entnietete" ungefederte Zahnrad mit den Nietlöchern:



Hier sind alle drei beteiligten Teile nach "Entnietung" und vor der Nacharbeit zu sehen,  
-Dämpfertopf  
-Festes Zahnrad  
-Verspannzahnrad



hier die traurigen Überreste der ausgebohrten Niete:



## Problembeschreibung

### Worin besteht die Problematik?

Bei den frühen K's mit 2V-Technik bis hin zu späteren Typen etwa Baujahr '90 ist die Konfiguration wie beschrieben verbaut.

Die Dimensionierung der Vernietung ist schlichtweg unzureichend, nach etwa 50 000 bis 100 000 km lockert sich die Verbindung, und die Nieten reißen unter Beschädigung des Dämpfertopfes aus, wobei die Nietlöcher im Topf aufweitend in die Länge gezogen werden. Im mindesten Fall fehlt irgendwann der weitere Vortrieb, was sich aber schon lange vorher durch Rasseln und Klopfen ankündigt.

Im schlimmsten Fall geraten die abgerissenen Niete zwischen bewegte Teile, und richten dort Schaden an. Vorher ist auch mit der teilweisen Aufarbeitung der Nachbarteile zu rechnen, die erheblich angeschliffen werden können.

### Technische Ursache:

Im "Sinne der Erfinder" sollen die Niete infolge ihrer axialen Vorspannung die notwendige Pressung zur Erzeugung einer Reibkraft bzw. eines Reibmomentes liefern.

Abgesehen von der Frage, ob bei 6 x 6 mm-Nieten aus nicht besonders hochfestem Material überhaupt die notwendige Anpressung entsteht, um alle massenträgheitsbedingten Momentenspitzen abzufangen, läßt der beteiligte Partner "Dämpfungstopf" aus durchaus nicht höherfestem, strangepreßtem Aluminium gar keine örtlich ausreichende Flächenpressung zu.

(Nennmoment 86 Nm, Betriebsfaktor etwa 5, Teilkreisdurchmesser 102 mm, Reibwert nominal Stahl/Aluminium etwa 0,15 anzunehmen)

Die Auslegung ist Null auf Null - oder darunter!

Es ist davon auszugehen, daß infolge der Pressung ein "Setzen" des Aluminiumflansches erfolgt. Hierzu trägt mit Sicherheit auch die thermische Ausdehnung ihren Teil bei, die infolge des höheren Ausdehnungskoeffizienten bei Alu die Verspannungskraft und das Setzen weiter erhöht. (Solange noch eine Vorspannung besteht)

Setzbeträge im Fügespalt führen aber infolge der auslegungsspezifischen "Härte" der Niete (diese sind hier das Gegenteil von Dehnschrauben) sofort zu einem erheblichen Vorspannungsverlust.

Damit wiederum ist sofort ein Rutschen des Flansches verbunden, der Nietkörper beaufschlagt seine Umgebung mit einem durch den Flansch nicht ertragbaren Lochleibungsdruck, die Löcher im Flansch weiten sich, und die Niete werden nach längerer Dauer durch Wechselbiegung zerstört.



## Problemlösung

### Reparatur durch den Händler:

Der Händler tauscht die ganze Konfiguration durch die völlig überarbeitete neue Variante mit 12 Nieten und verstärktem Dämpfertopfanschluss aus.

Hierbei sind auch Wasser-/Ölpumpe mitbetroffen, Lager und Dichtringe sind sowieso zu erneuern, Teile und Arbeit summieren sich auf etwa 1500 €, was oftmals einem wirtschaftlichen Totalschaden gleichkommt.

### Reparaturvorschlag "für Arme", wie kann der Schaden preiswert und sicher repariert werden?

Nicht begüterte, aber schraubwillige (und -fähige!) Fahrer betrachten den Fall als eine maschinenbauliche Herausforderung.

Bei Zugang zu einer normalen mech. Fertigung sind die Materialkosten erheblich geringer, die viele Arbeit ist aber immer noch langwierig.

Ist dies nicht der Fall, kann ein Fertigungsbetrieb genannt werden, der die benötigten Teile neu herstellt, bzw. vorhandene nacharbeitet.

Folgendes ist zu tun:

-Die Maschine ist fast völlig "auseinanderzureißen", Ölwanne ist abzubauen, Nebenwelle zu entnehmen, hierzu sollte der Motor bequem auf einem Tisch oder einer Werkbank zugänglich gemacht werden.

Die Beschreibung der vorher nötigen Maßnahmen kann an dieser Stelle nicht gemacht werden!

-Die Nebenwelle ist zu zerlegen.

Das Hauptlager kann mit zwei Reifenmontiereisen abgehoben werden, es sollte eh erneuert werden, ein Abzieher ist nicht vonnöten.

Für die Seegerringe des Hauptlagers und für die Verspannfeder wird eine handelsübliche Seegerringzange benötigt.

Die Nieten oder deren traurige Überreste sind auszubohren.

Hierzu sind zwei scharfgeschliffene Bohrer erforderlich, ca. 2-3mm zum Vorbohren, ca. 7mm zum Abbohren des Nietkopfes. Das Bohren sollte von der Seite des Verspannzahnrades her vorgenommen werden. (Nietenkopf)

-Der Flansch des Dämpfertopfes ist möglichst genau zwischen den zerstörten Bohrungen neu abzubohren, Durchmesser etwa 8,5 für M8.

-Die Bohrungen mit Durchmesser 6,1 im festen der beiden Zahnräder auf der Nebenwelle sind ebenfalls auf Durchmesser 8,5 aufzubohren, und von der Kupplungsseite her für M8-Zylinderkopfschrauben anzusenken. (DM 14, etwa 2,5 tief)

-Das gefederte der beiden Zahnräder auf der Nebenwelle ist für Schraubenköpfe M8 und eine geringe Relativbewegung der Zahnräder zueinander freizuarbeiten.

-Es ist ein mit 6 Gewinden M8 versehener Druckring von 10 mm Dicke aus Vergütungsstahl mit  $>850 \text{ N/mm}^2$  anzufertigen, im vorliegenden Fall wurde Werkzeugstahl, vergütet auf  $1050 \text{ N/mm}^2$  verwendet, weil der anfertigende Betrieb nun mal im Werkzeugbau tätig ist....

-6 Schrauben M8x20 Festigkeit 12.9 nach alter DIN-Norm 912 sind zu beschaffen.

Hinweis: es gibt Lösungen anderer Fahrer mit M6 Schrauben in 8.8er und 10.9er Festigkeit, mit und ohne Druckring. Bei einer Nachrechnung erweist sich die Dimensionierung dieser Schrauben als ungenügend, insbesondere, wenn nur von einer Drehmomentübertragung mittels Reibung ausgegangen wird. Die zusätzliche Sicherheit der M8 12.9er Schrauben ist erheblich, und befreit das "Gewissen" für alle Zeit von Bedenken um die Haltbarkeit oder mögliche Folgeschäden.

Der Aufwand ist identisch, und insbesondere die zusätzliche Verklebung führt zu einer Unempfindlichkeit gegen Momentenspitzen.

-Loctite 648 wird zum zusätzlichen Verkleben des Druckrings und zur Schraubensicherung benötigt. (nicht sonderlich preiswert, warmfest bis nominell 175 Grad Celsius)  
Eine schnelle und eingeübte "coole" Arbeitsweise ist hier zu empfehlen!

-Es sind "leichte Anpassungsarbeiten" im Motorengehäuse notwendig.  
Diese sind für die Stabilität vollkommen unerheblich, und ohne Probleme mit einem Dremel, kleiner Flex, oder Feile herzustellen.

-Ein neu zu fertigender Druckring sorgt für eine optimierte Druckverteilung und ermöglicht erst den Einsatz hochfester Schrauben.

Wichtig: der Druckring benötigt zwei außenliegende, eingefräste "Taschen", die als Freimachung für das Pleuel des hintersten Zylinders dienen. Dieses taucht bei jeder Umdrehung in eine Tasche ein, die gegenüberliegende Tasche dient der Auswuchtung.  
Bei der Montage ist die Pleuelwelle in die entsprechende Störstellung zu bringen, und die Pleuelwelle mit der Tasche mittig zum Pleuel hin zu plazieren.

Da das Übersetzungsverhältnis 1:1 ist, sind keine Schwierigkeiten zu erwarten.

-Der Flansch des Dämpfertopfes wird nunmehr zwischen Zahnrad und neuem Druckring verschraubt, die Flächen des Druckringes werden zusätzlich vollflächig mit dem Dämpfertopf verklebt.

Der Druckring ist vorher "trocken" auf Rundlauf zu prüfen (Meßuhr) und einzurichten, erst dann sollte der Vorgang bei anziehendem Kleber erneut vorgenommen werden.

Hierbei empfiehlt sich eine nicht sonderlich "sommerliche" Temperatur, oder eine "beschleunigte Arbeitsweise" beim Einrichten. (5 Minuten max. Zeit)

Loctite 648 kann nur mit hoher Temperatur wieder gelöst werden, (ca. 250 Grad) zumindest das Aluminium des Dämpfertopfes würde "verschütt" gehen!

Ganz mutige können den Flansch des Dämpfertopfes auch mit dem Zahnrad verkleben!  
Eine Rundlaufgenauigkeit von min. 0,05 mm ist anzustreben, ansonsten muß hinterher feingewuchtet werden.

Die Schrauben allein würden für die Drehmomentübertragung reichen, die Verklebung dient als zusätzliche Sicherheit, und stabilisiert über den Druckring den konstruktiv schwach ausgelegten Übergang Flansch/Hüllrohr des Dämpfertopfes.

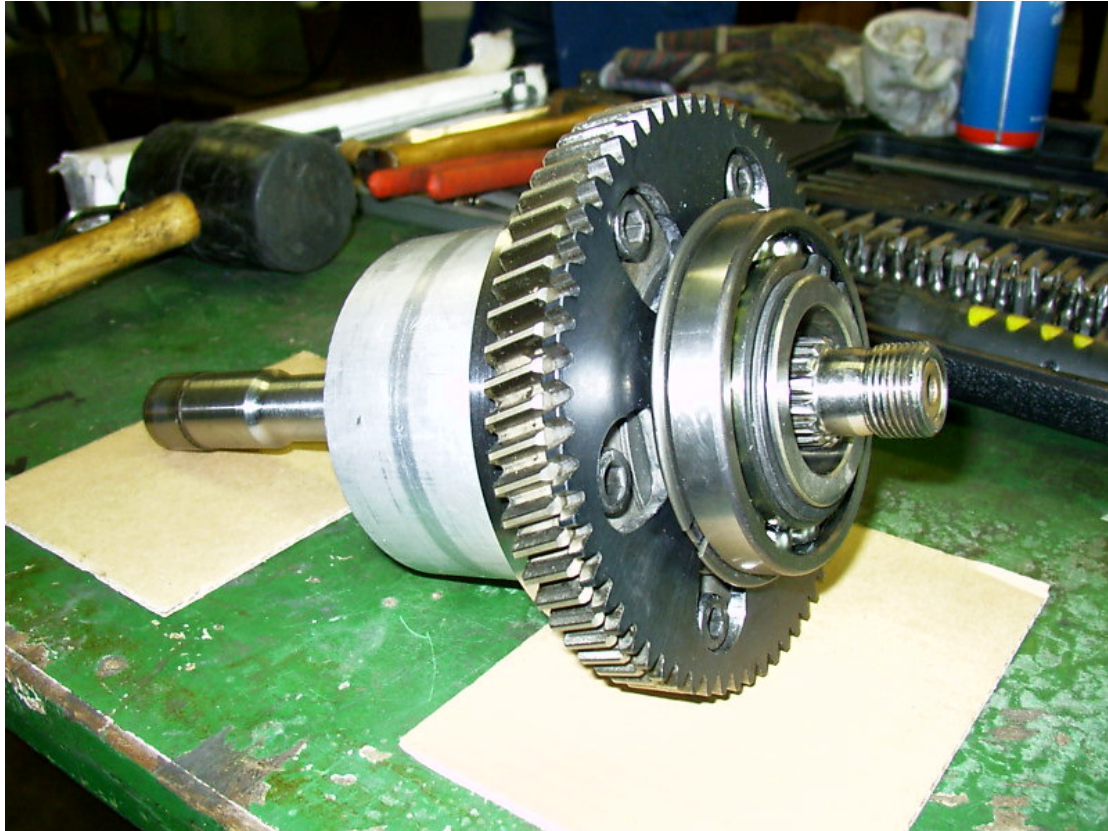
Nunmehr ständen theoretisch auch einer Aufladung/Leistungssteigerung von dieser Seite her keine Hindernisse im Weg....

Zum Abschluß der Hinweis, daß hierbei sehr sorgfältig gearbeitet werden muß.

Nacharbeit und Druckring sind von der Teilung her sorgfältigst zu fertigen, um die Notwendigkeit eines abschließenden Feinwuchtvorgangs zu vermeiden.

Dieses ist nur bei Spezialfirmen möglich, und unverhältnismäßig teuer.

Hier ein Foto der zusammengebauten Nebenwelle, mit der Welle, aber ohne die Kupplungsdruckscheibe:

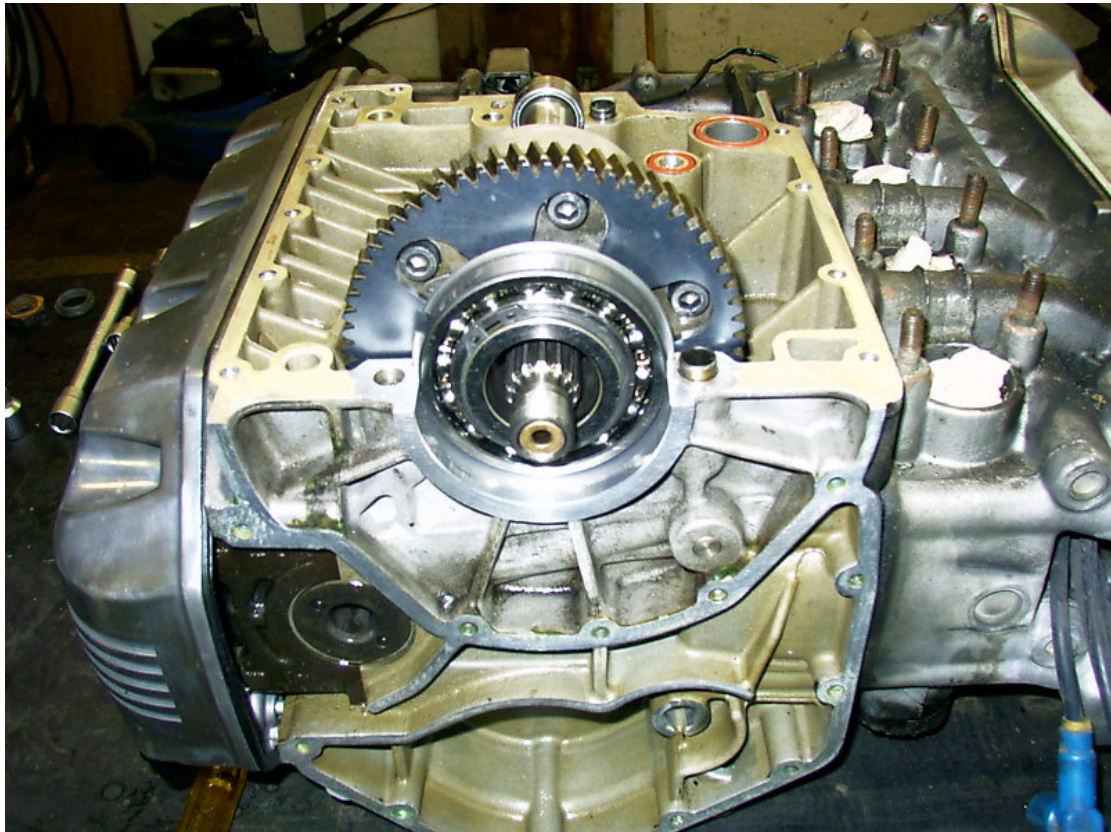


Deutlich sieht man die vergrößert ausgefrästen Öffnungen, in denen die nur teilversenkten Schraubenköpfe Platz finden.

Das Lager ist neu aufgepreßt, und mit einem ebenfalls neuen Seegerring gesichert.

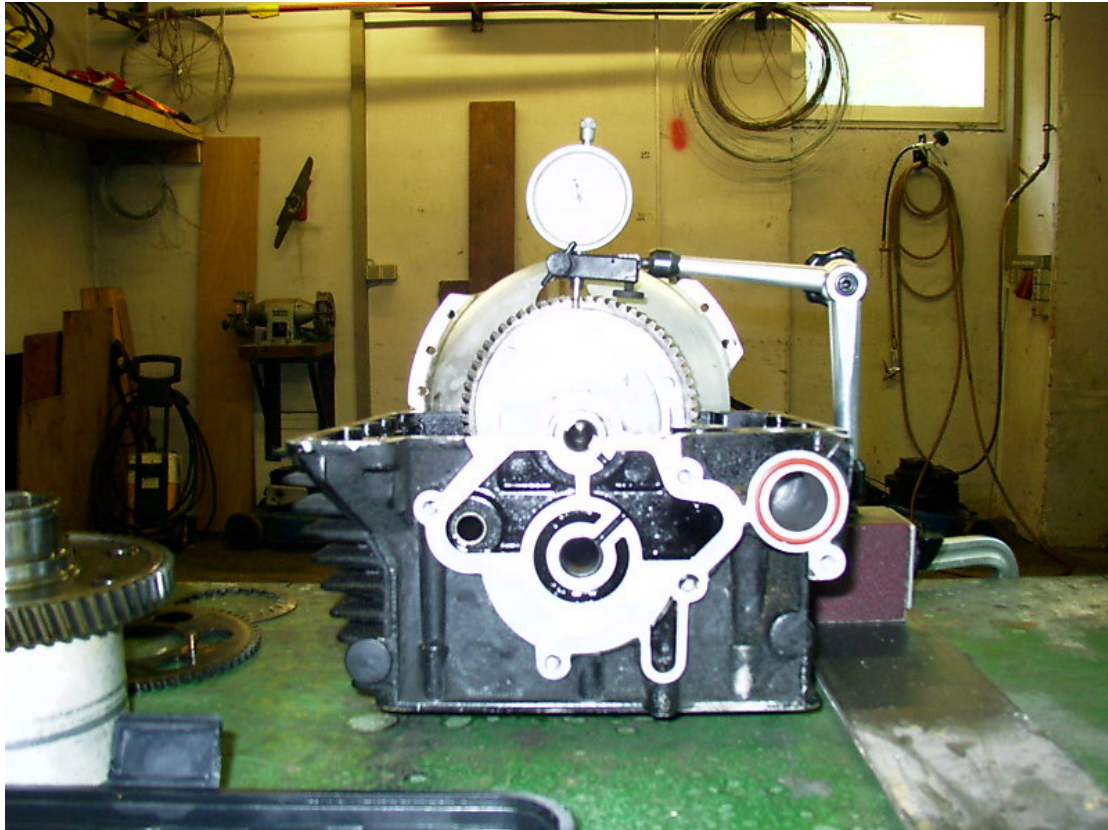


Hier sieht man den Motor von hinten, mit der neu eingesetzten Nebenwelle:



Der leichte Spielraum der Schraubenköpfe zur Ausführung der Federbewegung des Verspannzahnrades ist zu erkennen.

Auf diesem Foto sieht man den Aufbau der Meßuhr zur Einrichtung des Druckrings bezüglich Rundlaufgenauigkeit:  
(diese Arbeit sollte wegen des anziehenden Klebers zügig vonstatten gehen)



Der Ring wurde erstmal locker "handfest" verschraubt, und mit einem Kunststoffklotz samt "Hämmerchen" gefühlvoll "zentriert", bis der Unterschied im Ausschlag des Zeigers einen Minimalwert erreichte.  
(immer den anziehenden Kleber in Bedacht ziehen)

Danach wurde in drei Durchgängen für alle Schrauben das erforderliche Drehmoment von  $40+3$  Nm aufgebracht.

Nach Abbinden des Klebers wurden die Schrauben wieder geöffnet, und Stück für Stück gleichfalls verklebt, um ein Lösen im Motor unter dem Einfluß von Wärme und Vibrationen zu verhindern.

**Achtung:** dies ist einer der kritischsten Punkte der ganzen Aktion!  
Wer sich nicht sicher ist, sollte auf das Verkleben, ausgenommen zur Schraubensicherung, verzichten, rechnerisch halten die Schrauben alleine mit ausreichender Sicherheit.

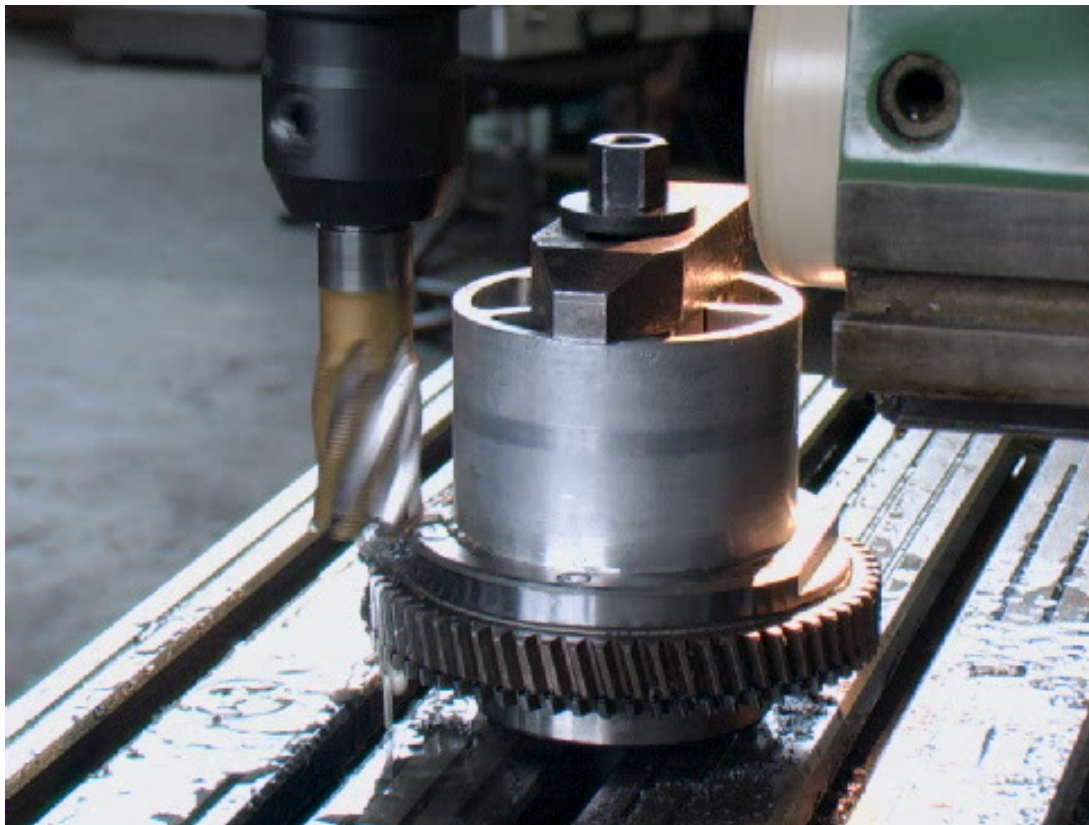
Die Freigängigkeit zum Pleuel des letzten Zylinders wird vor Aufschrauben der Ölwanne optisch "grob überprüft":





Hier ein Foto des fertigen Druckringes:

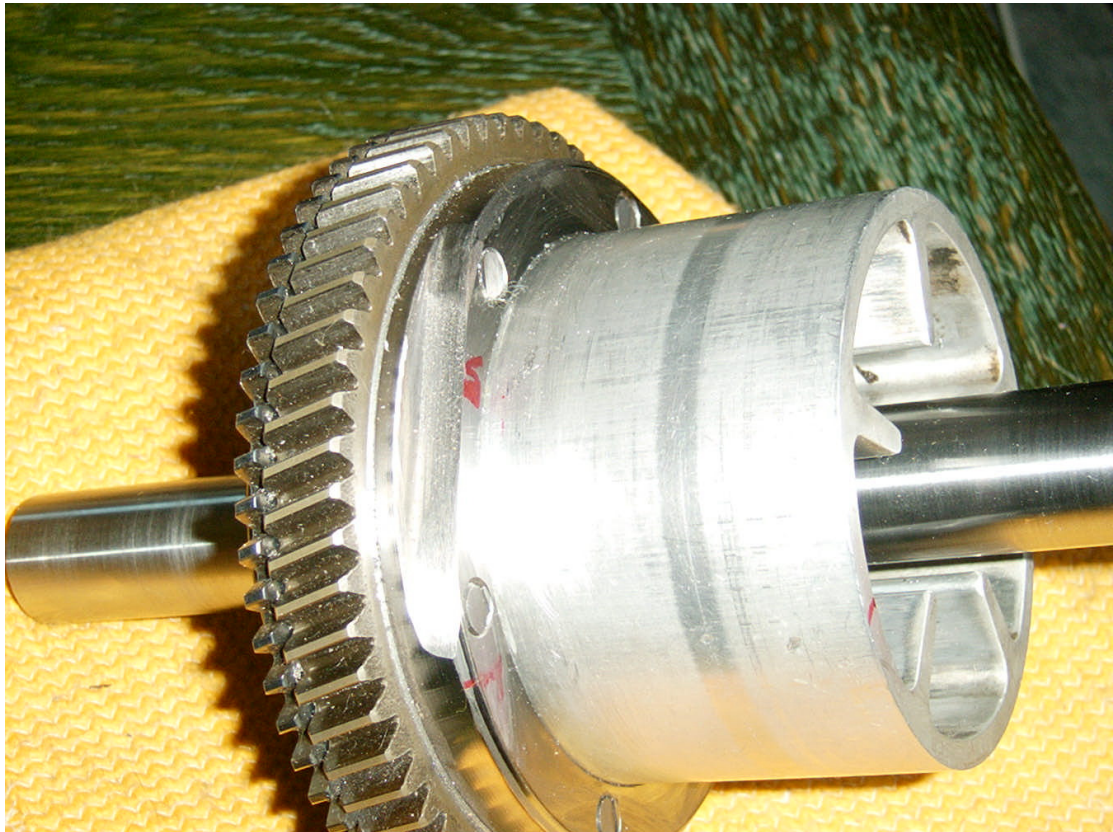
(gesehen von der Seite, mit der er auf den Flansch des Dämpfertopfes drückt)



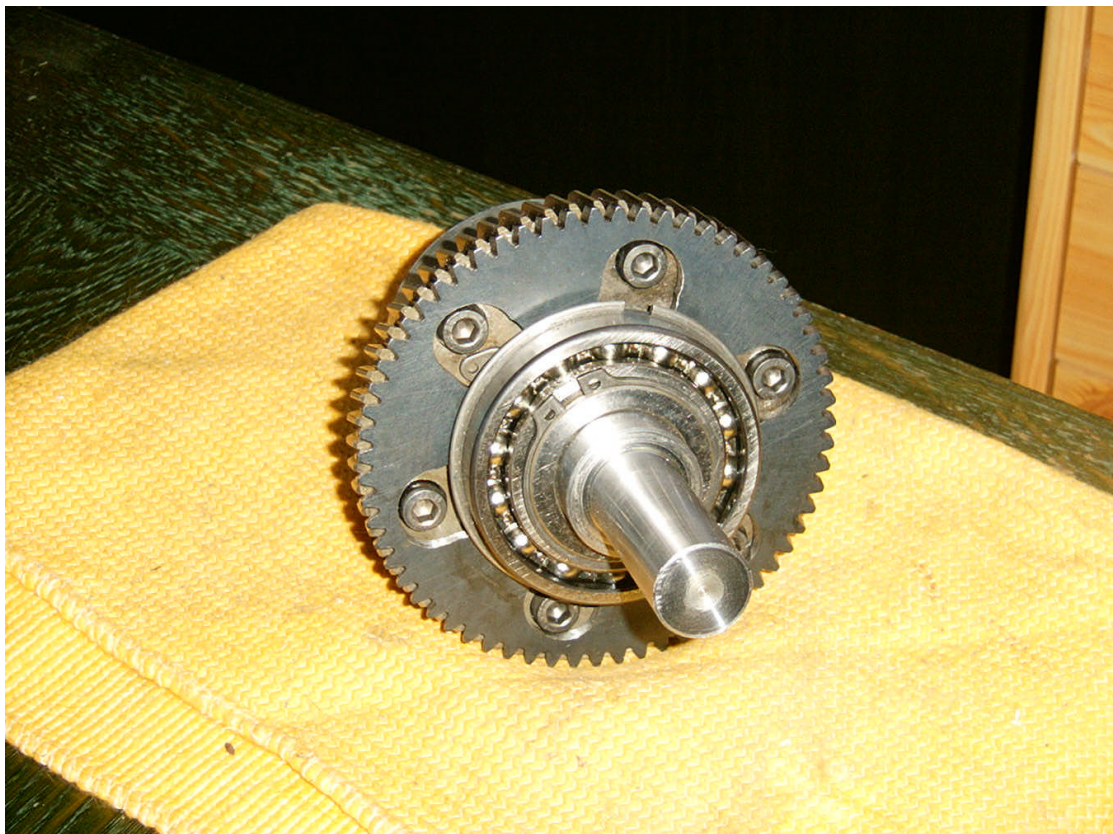
Hier der Ring beim Fräsen der Taschen, von denen eine als Ausschnitt für das Pleuel dient:



Hier sind die Taschen genauer zu erkennen:

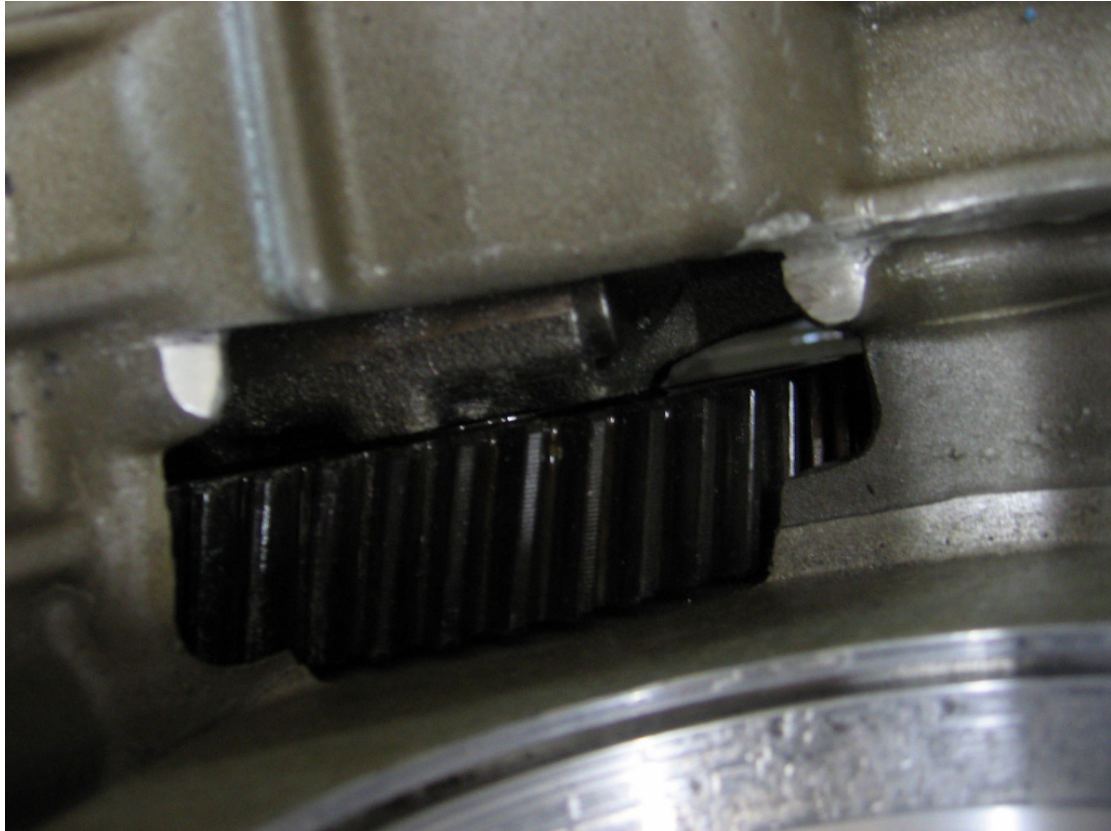


Durchgesteckt ist hier die Hilfswelle zum Auswuchten.

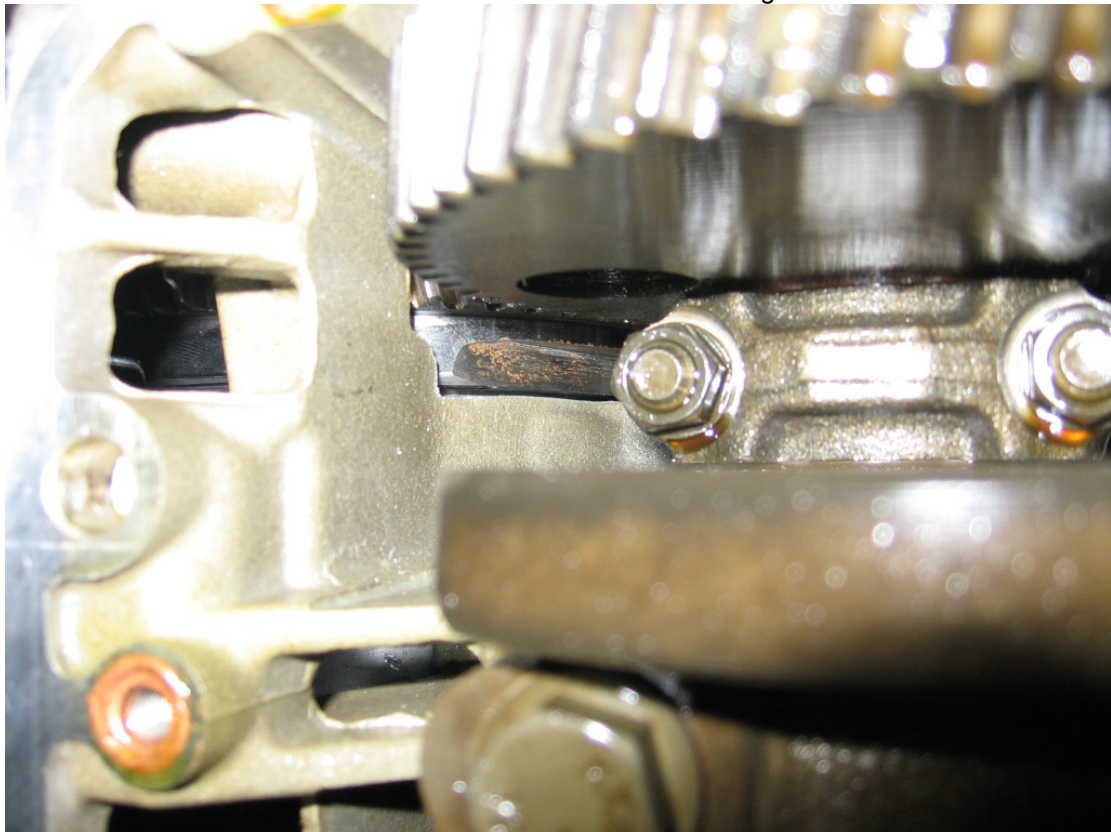




Hier ist von der Ölwanne Seite das als Störkante erscheinende Pleuel des hintersten Zylinders zu sehen, welches in den freigefrästen Bereich des Druckrings eintaucht:

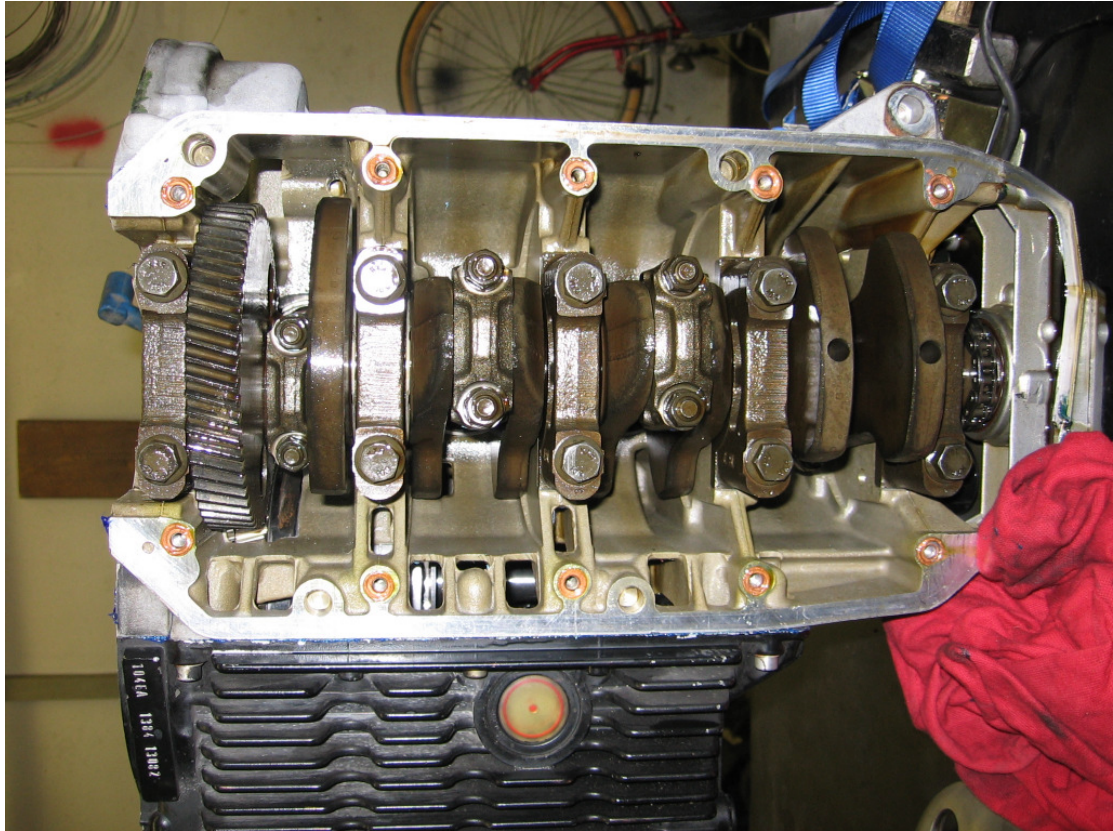


Hier das Eintauchen des Pleuels von der Kurbelwellenseite aus gesehen:





Hier eine Gesamtansicht von der Kurbelwellenseite, links im Ausschnitt neben dem Kurbwellenzahnrad ist der Druckring ganz klein zu sehen:



### **Zum Thema Auswuchten:**

Bei einigermaßen guter Fertigung braucht eigentlich nach Einbringung des Druckrings nicht gewuchtet zu werden, da dieser rotationssymmetrisch ist.  
Das Einfräsen der Taschen sollte natürlich sehr genau, also mit +/- 0.05 mm erfolgen.

### **In unserem Fall hatten wir einfach Zweifel, und wollten es genauer wissen.**

Wir fertigten für das ganze Teil eine Hilfswelle an, und "rollten" es auf peinlich genau ins Wasser gebrachten Messerleisten.

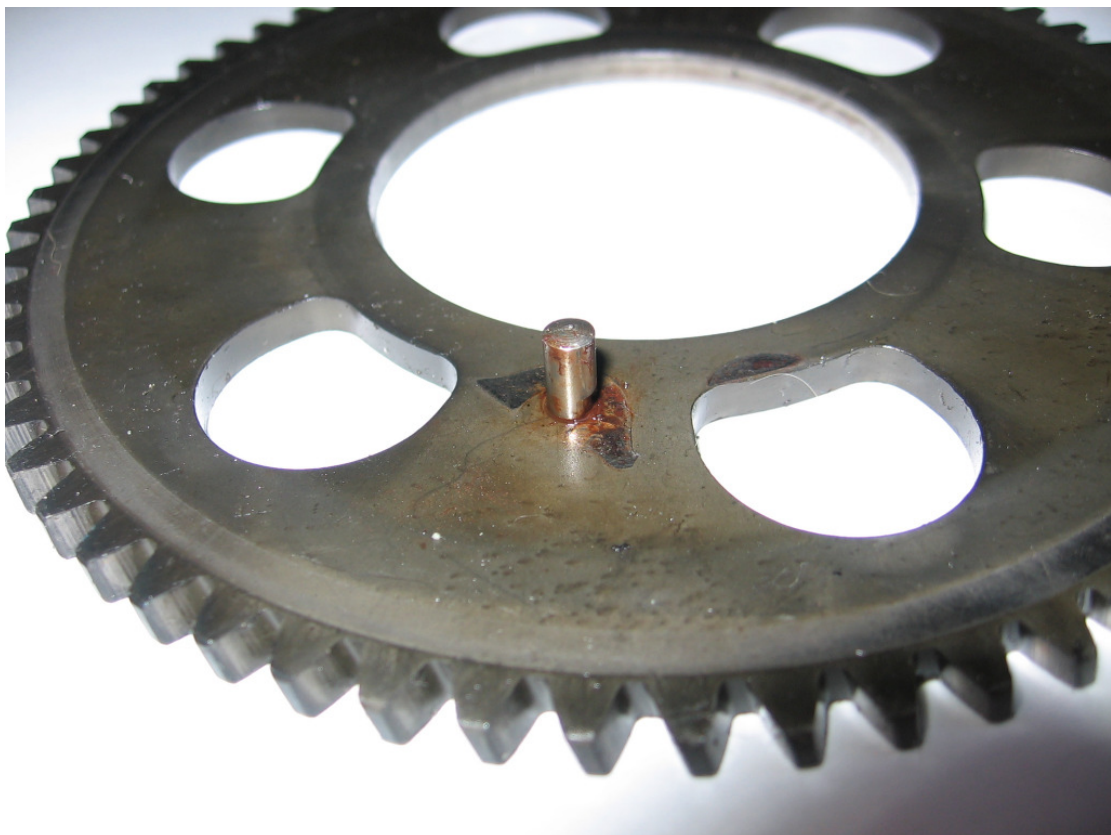
(dies entspricht einer statischen Überprüfung, bei einem Ausgleich also einem statischen Auswuchten)

Siehe da, das Teil blieb immer in ein und derselben Stellung stehen!

Wir nahmen daraufhin mit einer Feile von Hand im Bereich einer der Taschen solange Material weg, bis diese Tendenz verschwand.

Mehr können und wollen wir aufgrund der hohen Kosten für eine Feinauswuchtung in einem Fachbetrieb nicht unternehmen, aber wir sind sicher, damit der Funktion genüge getan zu haben.

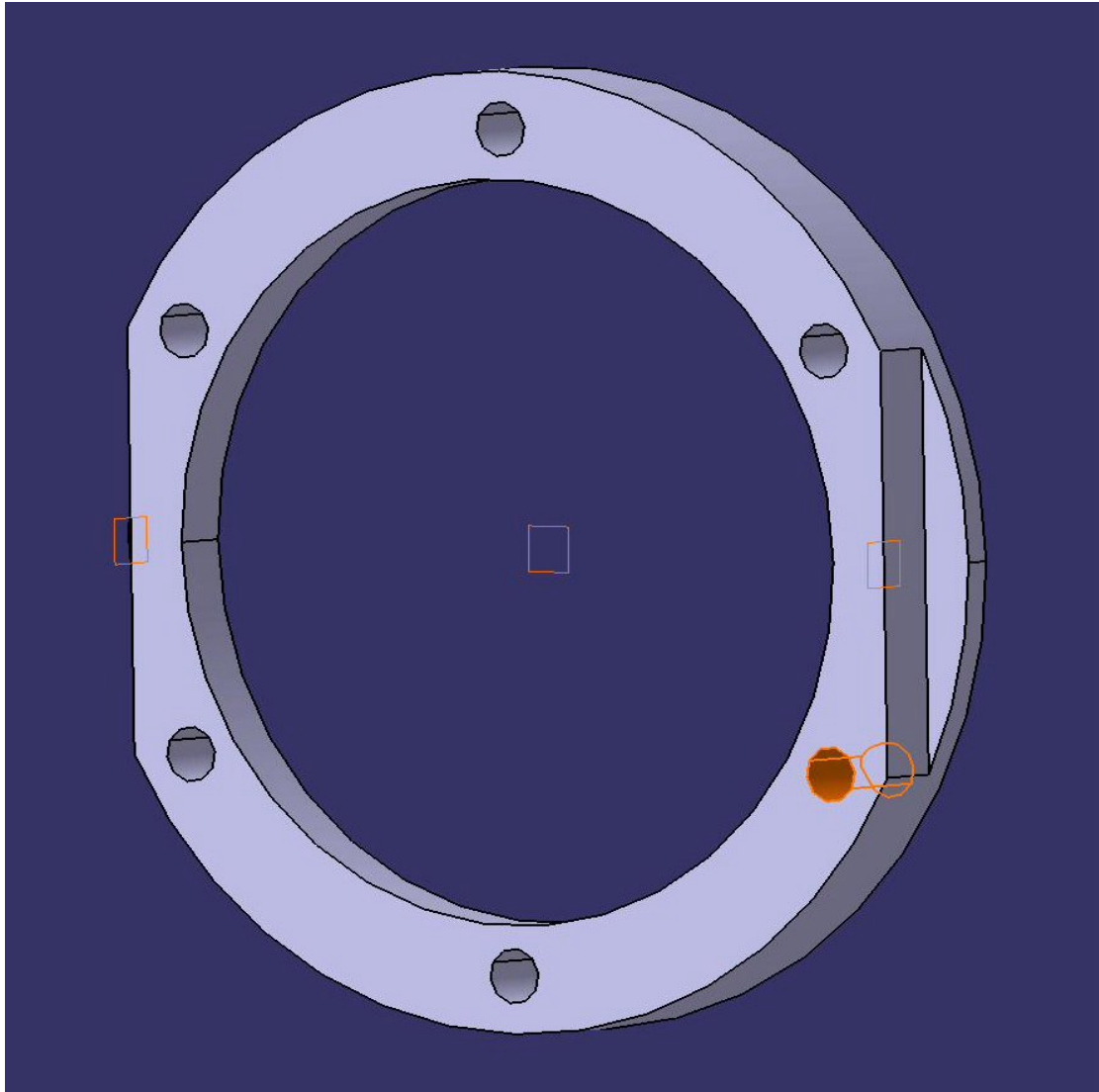
**Andere Defektsyndrome - abgearbeitete Mitnehmerstifte der Verspannfeder:**



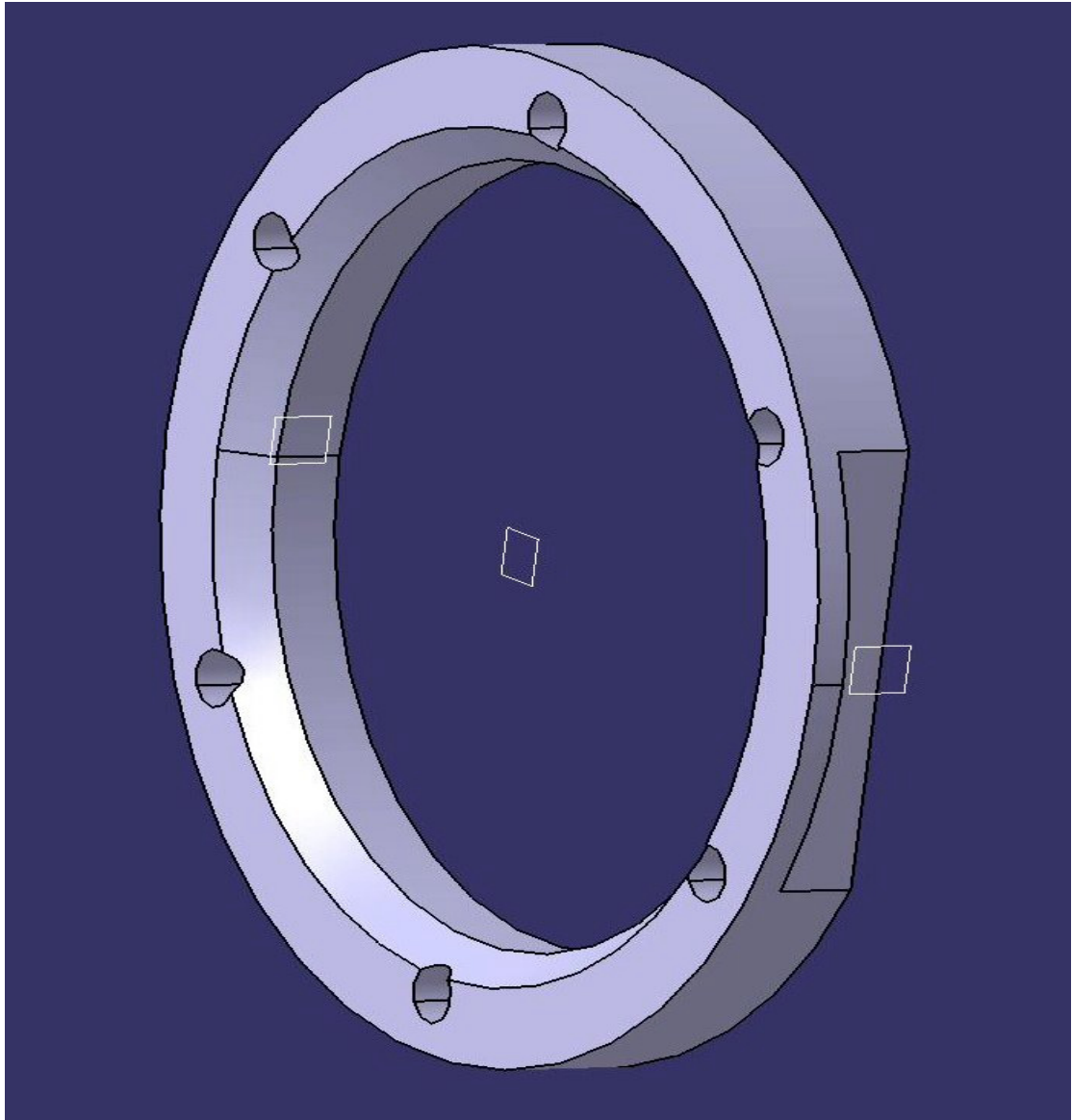


## Ansichten für Fertigung und Nacharbeit aus einem 3D-CAD -System

der Druckring:

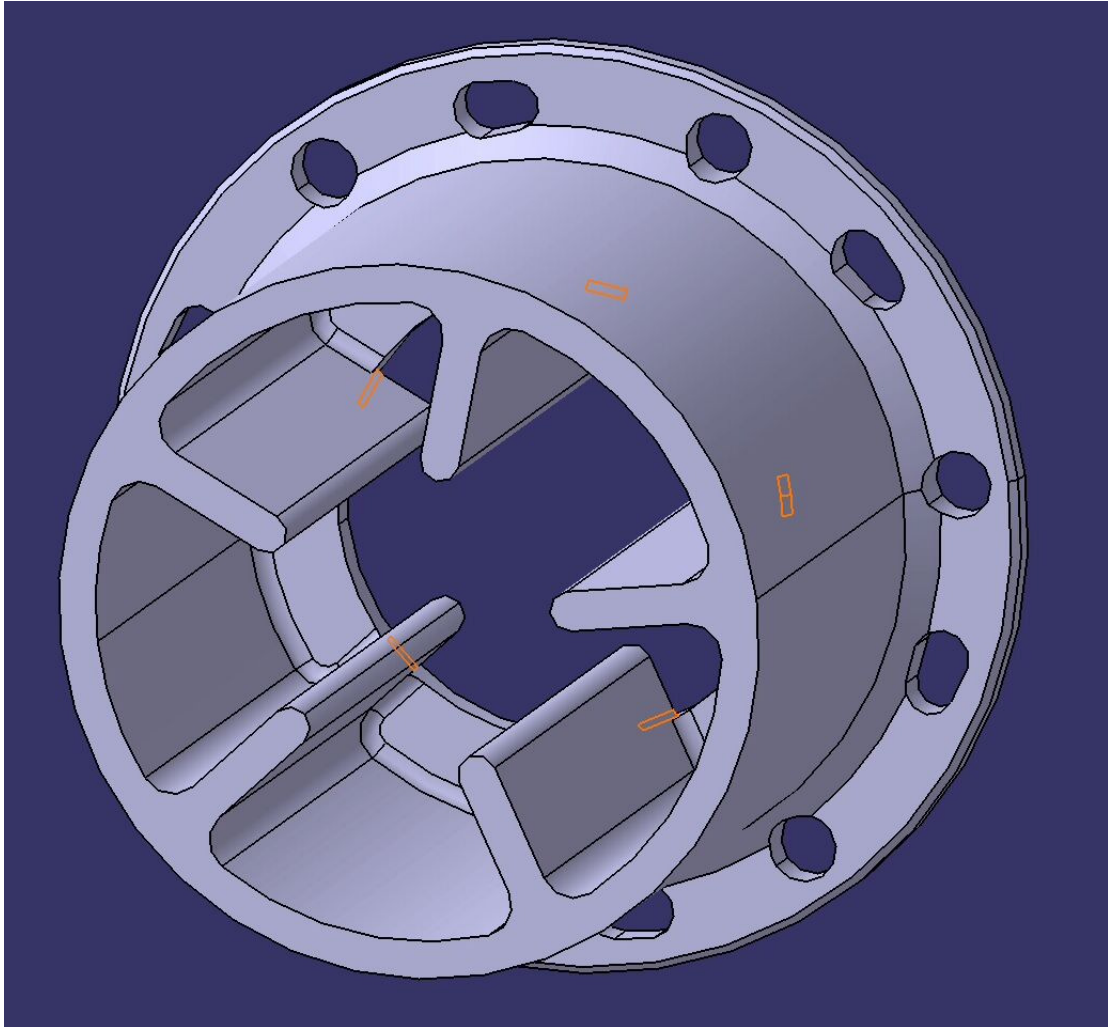


1.) Ansicht von der Ölpumpenseite



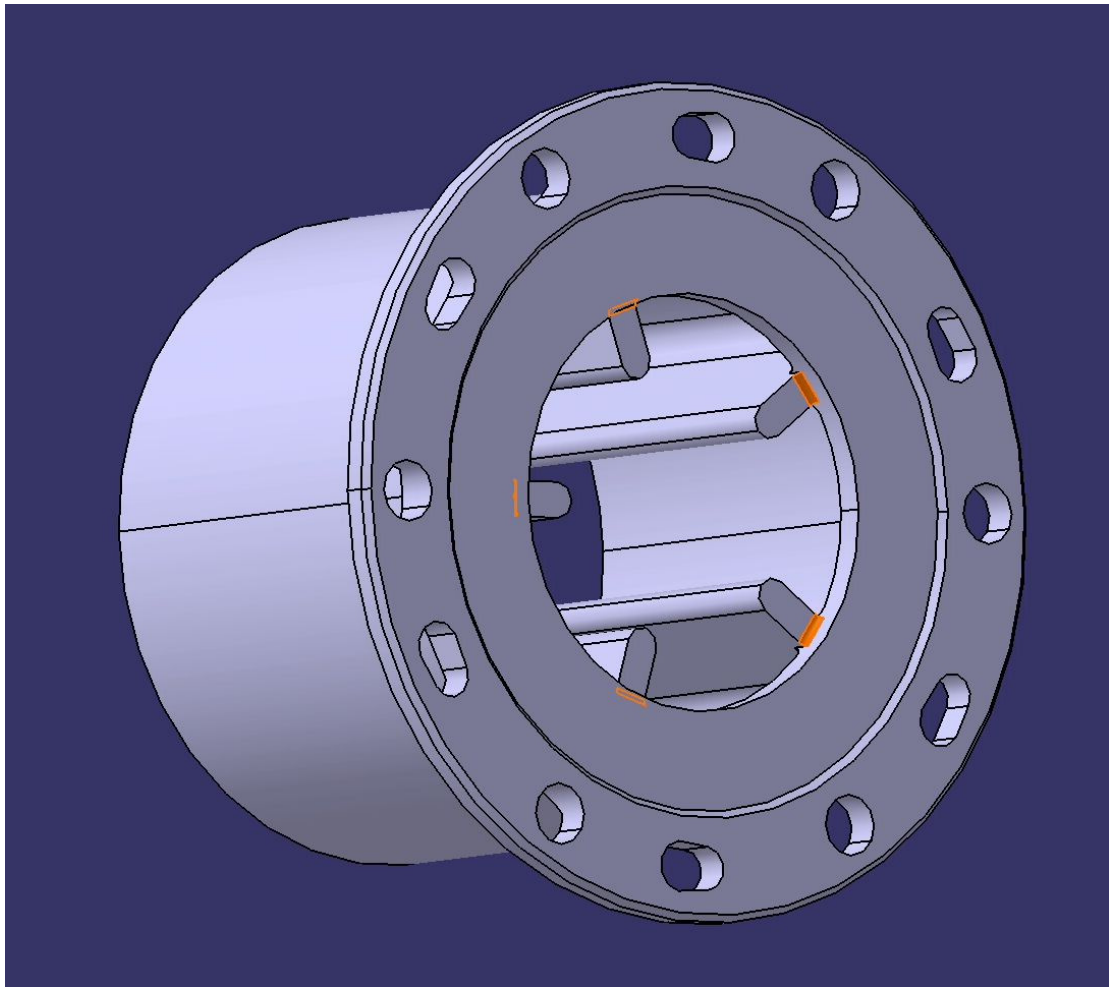
2.) Ansicht von der Kupplungsseite

der Dämpfertopf:



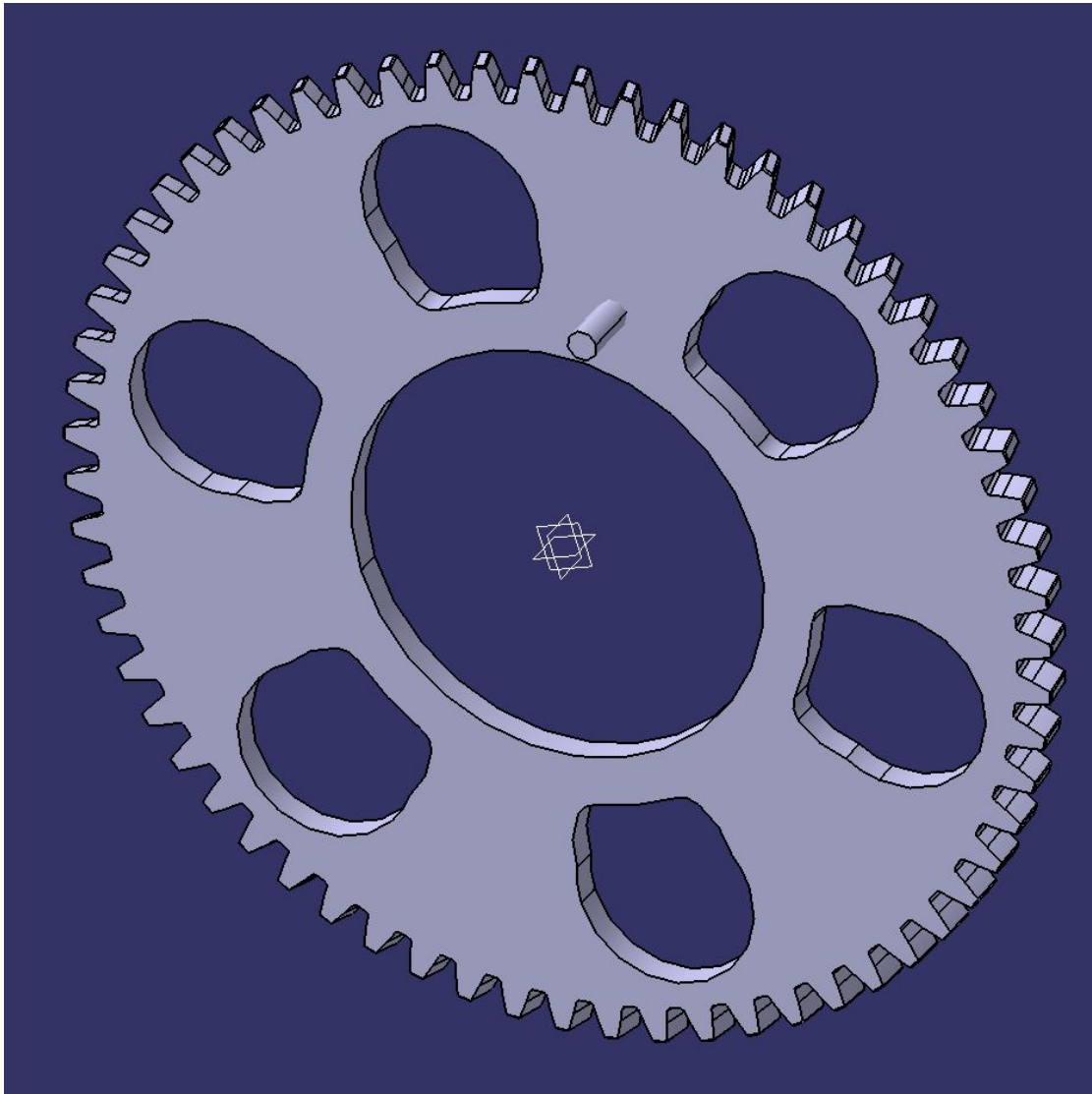
1.) Ansicht von der Ölpumpenseite





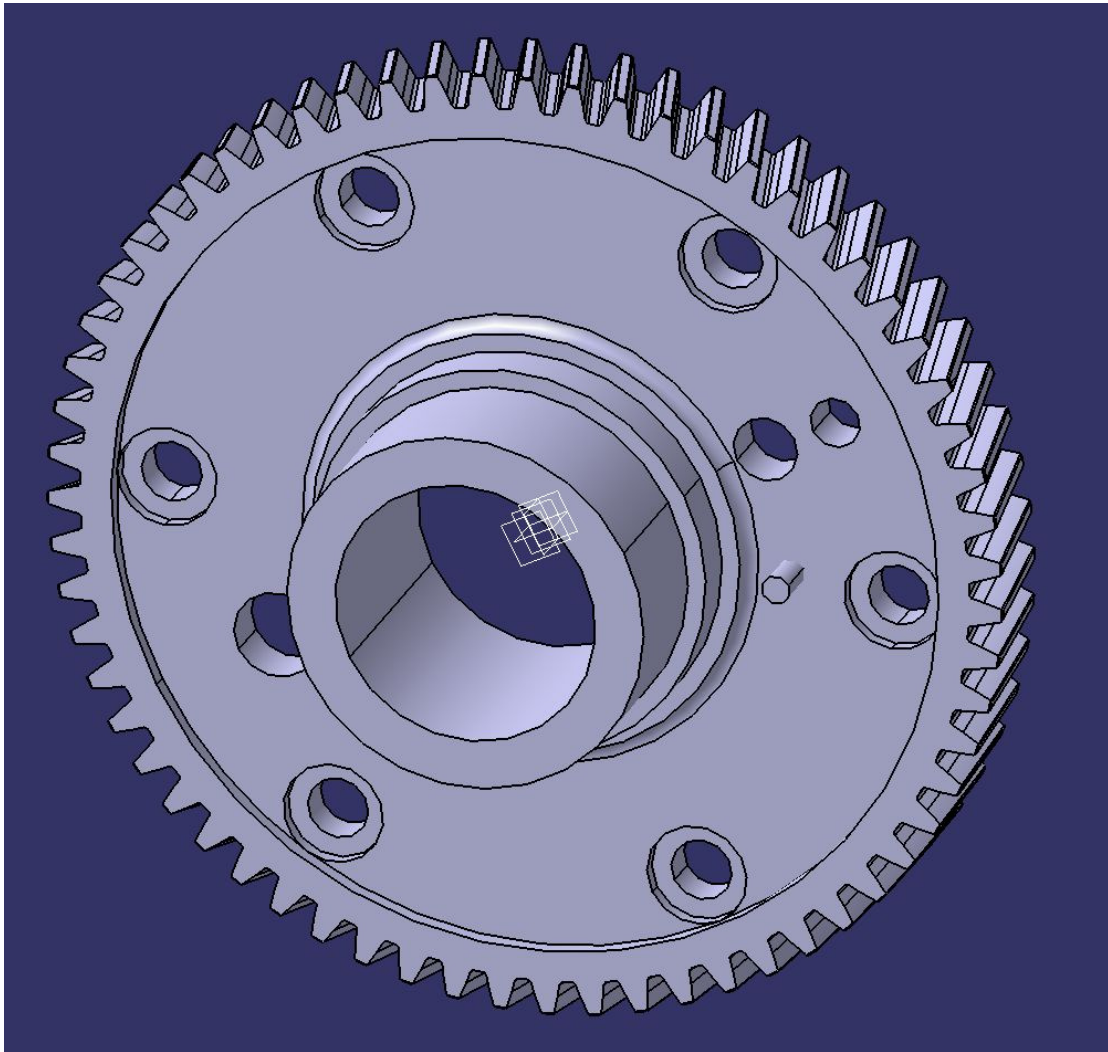
2.) Ansicht von der Kupplungsseite

Das Verspannzahnrad:



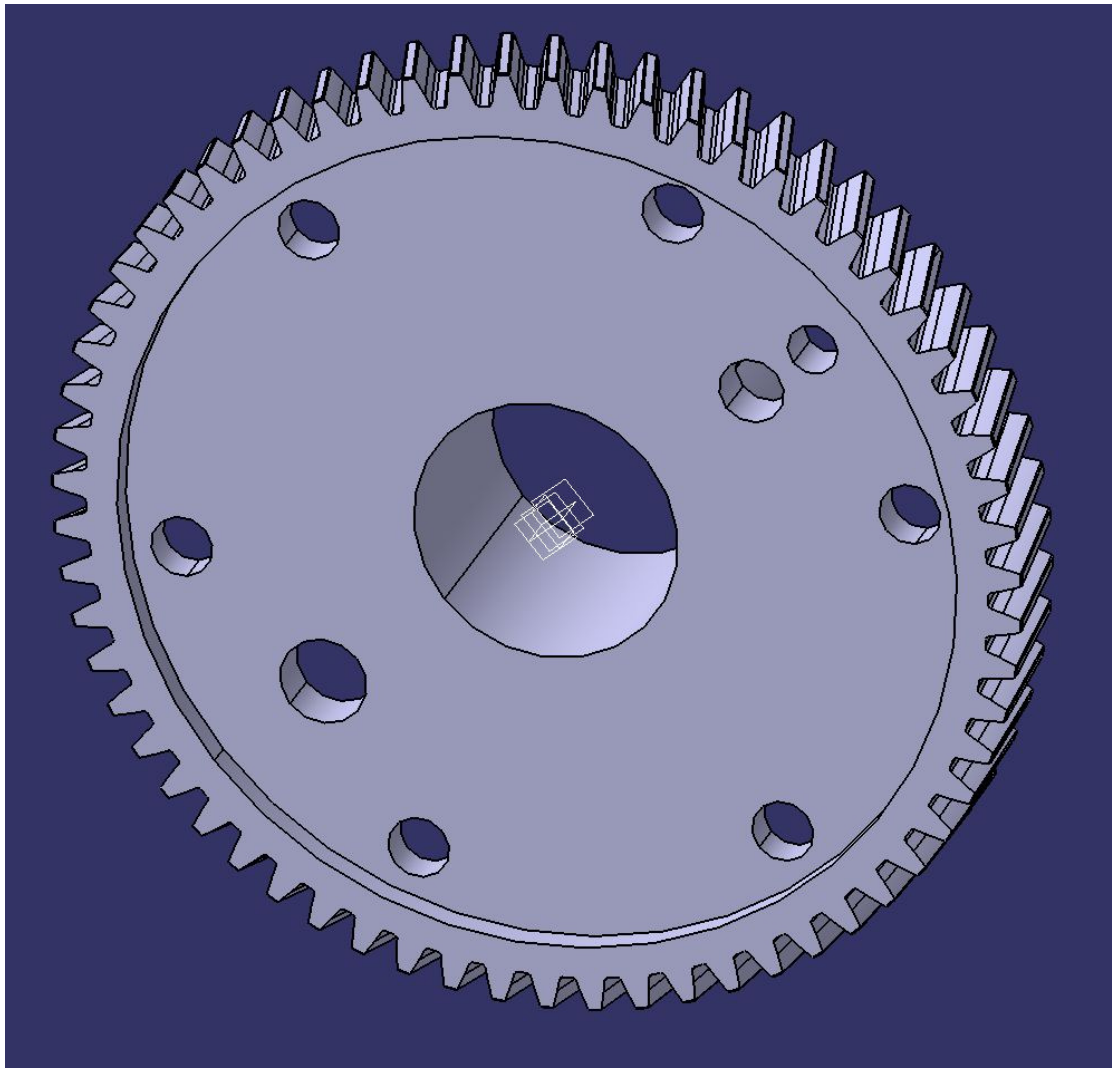
(Ansicht von der Ölpumpenseite, mit dem Mitnehmerstift der Verspannfeder)

Das Hauptzahnrad:



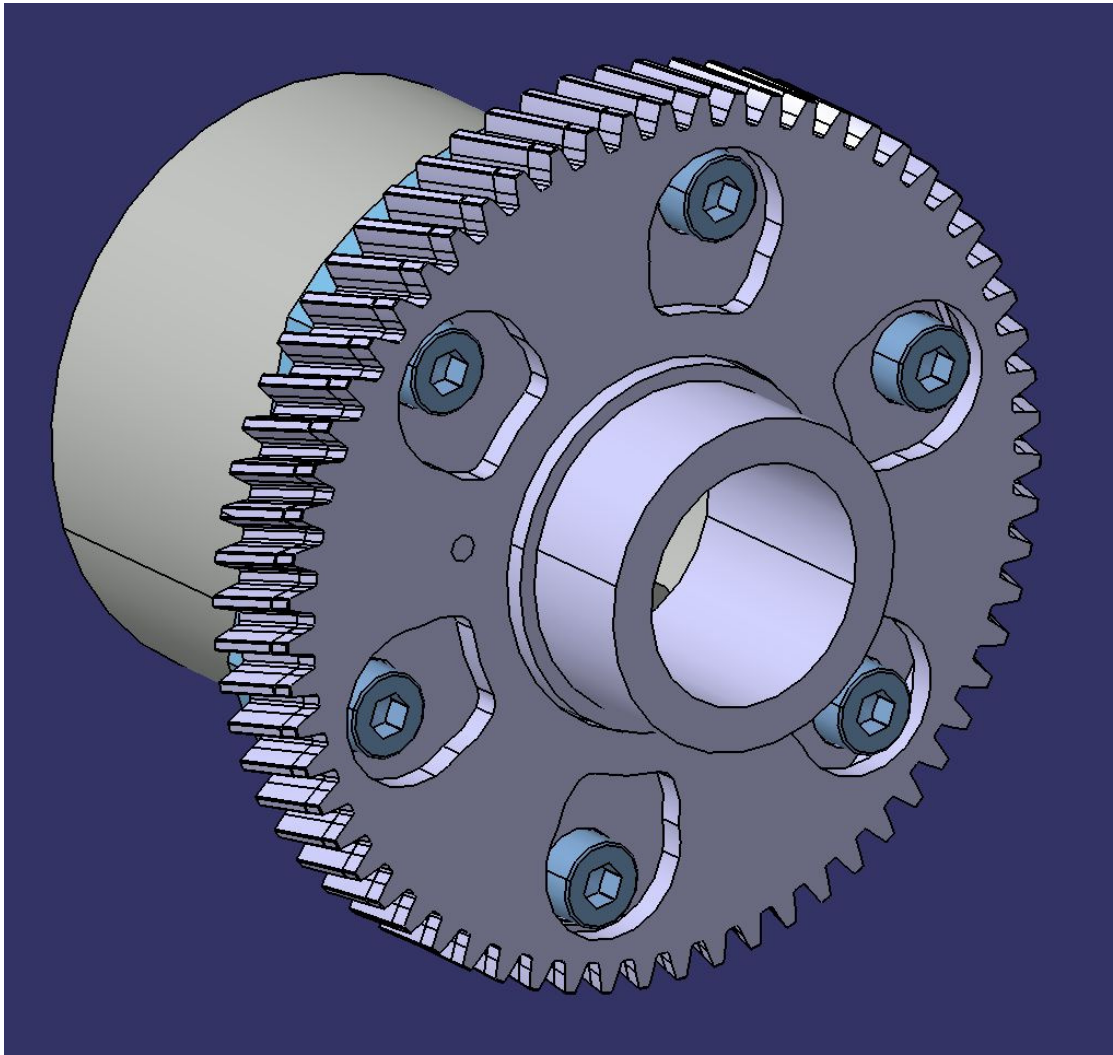
1.) Ansicht von der Kupplungsseite



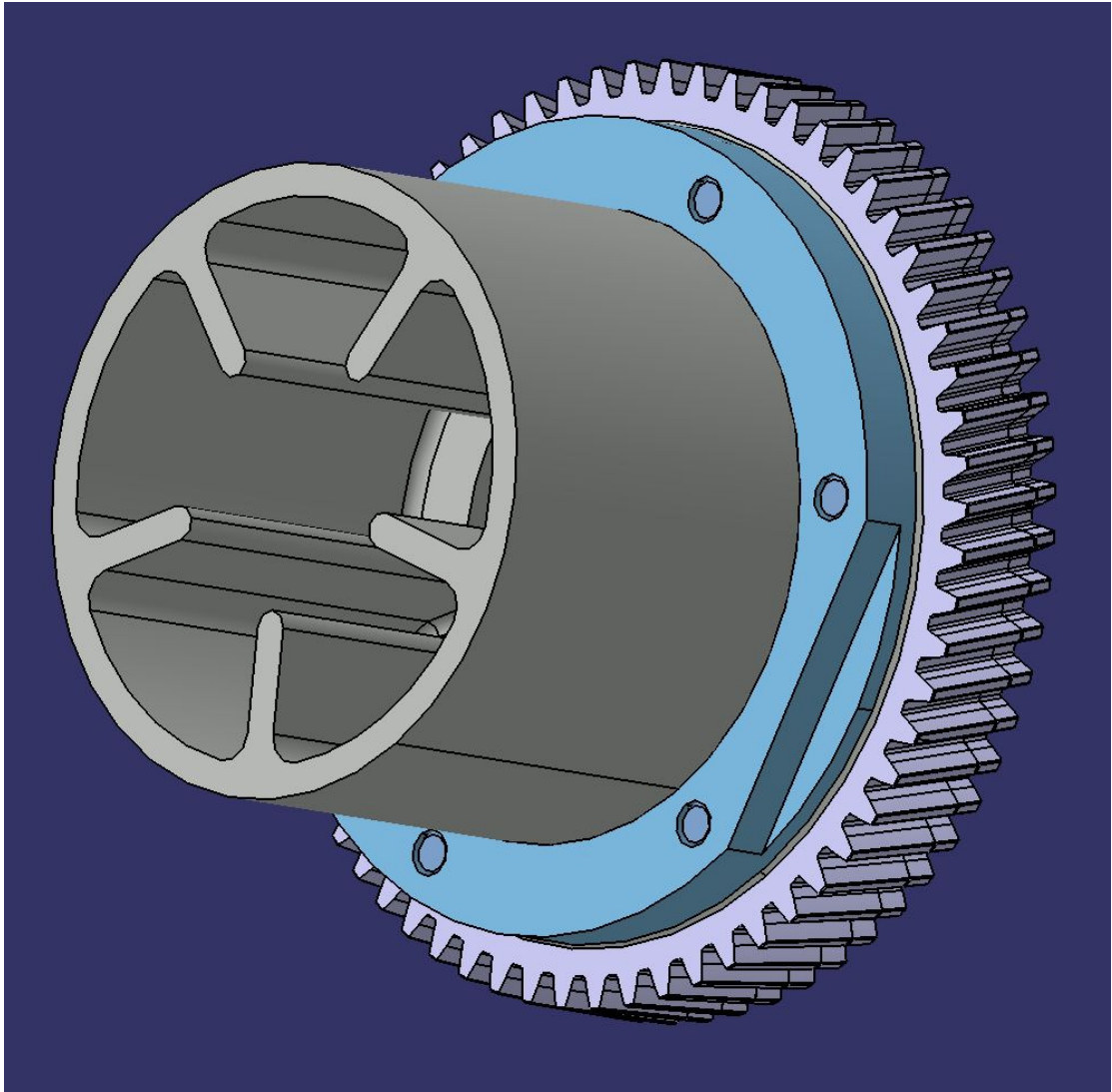


2.) Ansicht von der Ölpumpenseite (Anlagefläche Dämpfertopf)

Hier der Zusammenbau:



1.) von der Kupplungsseite aus gesehen

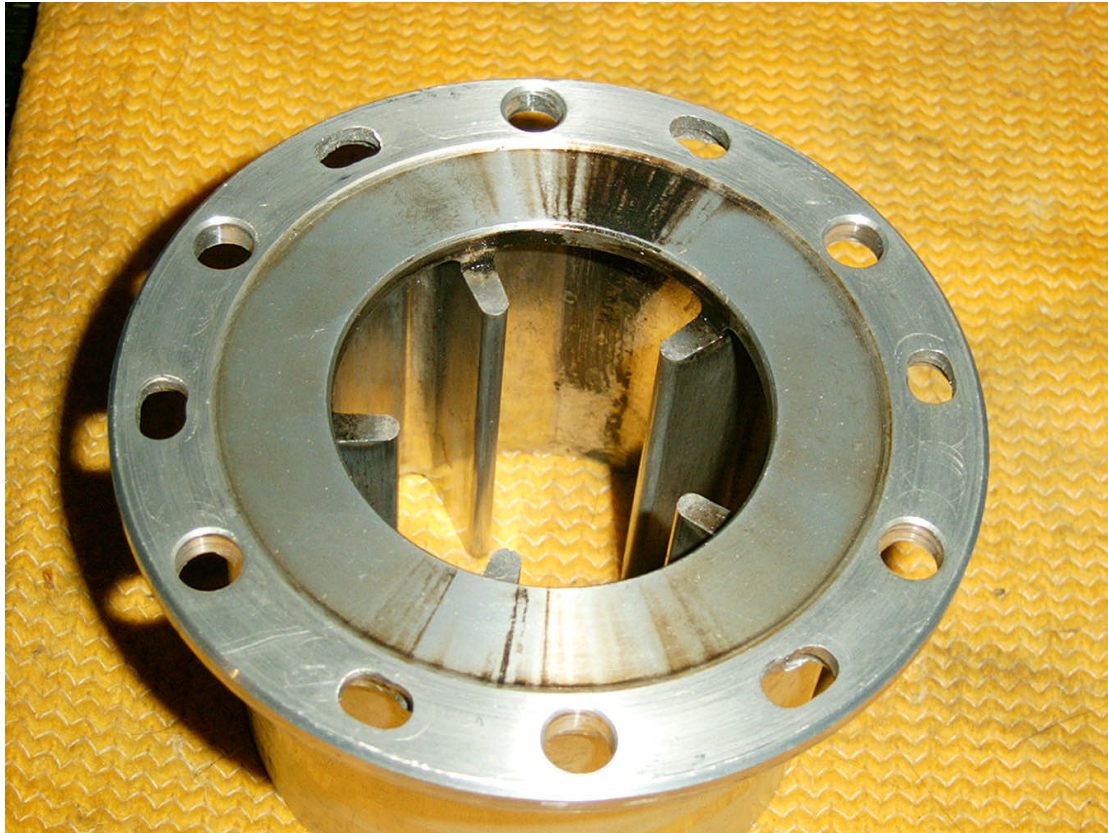


2.) von der Ölpumpenseite aus gesehen



## Bilder neu gefertigter und nachgearbeiteter Teile

Hier ein Foto des nachgearbeiteten Dämpfertopfes:  
(6 neue Bohrungen Durchmesser 8.5 mm)



Die neuen Bohrungen sitzen genau zwischen den alten erweiterten Nietlöchern.

Alte und neue Durchbrüche sind sauber zu entgraten, die Auflagefläche des Dämpfertopfes zum Hauptzahnrad ist auf einer ebenen Platte mit Schleifpapier abzuziehen.

Noch ein Hinweis:

Wir haben durchaus überlegt, den Dämpfertopf aus Flugzeugaluminium aus dem Vollen nachzufertigen, mit Gewindeeinsätzen im Flansch, und mit Verwendung der hochfesten Schrauben M8.

Es ist jedoch fast unmöglich, die im Foto sichtbaren Mitnehmerflügel für die Dämpfergummis aus dem Vollen in ein Sackloch hinein zu fräsen.

Mit zwei Teilen und weiterer Verbindungstechnik zu arbeiten, würde aber hier keinen Sinn machen.

Hier ein Foto des nachgearbeiteten Hauptzahnrades der Nebenwelle:  
Es wurden die vorhandenen 6 Bohrungen Durchmesser 6.1 mm auf 8.5 mm aufgebohrt, und für die Zylinderschrauben M8 mit Durchmesser 14/2.5 mm tief eingesenkt.



Die eingesteckten Schrauben sind Festigkeit 8.8, sie dienen nur zur Veranschaulichung!  
(Hinweis: hochfeste Schrauben sind schwarz, da sie nicht galvanisiert werden dürfen)



Hier ein Foto des nachgearbeiteten Verspannzahnrades der Nebenwelle:  
Es wurden die vorhandenen Auschnitte zur Aufnahme der Schraubenköpfe M8 incl. etwas Bewegungsfreiheit mit einem Hartmetallfräser aufgefräst.





## Hilfsmittel und Normteile

Eine "wichtige Zutat" für die Aktion:



("überlebenswichtig", aber nicht billig!)

Weitere wichtige Teile: M8 x 20 DIN 912-12.9 - hochfest



- Meßuhr (Genauigkeit 0,01 mm) zum Druckring einmitteln
- Bremsenreiniger oder Lösungsmittel für allgemeine Reinigung/Entfettung
- Petroleum für Wälzlagerreinigung
- Seegerringzange für Verspannfeder und Seegerring
- Gummihammer
- Kupferbolzen/-klotz zum Fügen/Justieren
- Motorenöl für einölen Simmerring und anderer zu fügender Teile
- saubere Lappen/Lumpen
- Grundausrüstung Werkzeug (mit Torx!)
- Drehmomentschlüssel bis 140 Nm
- Dremel, Schlüsselfeilen, Flex, äh, Winkelschleifer für Nacharbeit Gehäuse
- 2 Reifenmontierhebel oder große 2 Schraubenzieher zum Lager abhebeln
- Hylomar oder ähnliches Dichtmittel für Wiederausbau
- Bohrmaschine und Bohrer zum Nietenausbohren
- usw

neue Seegerringe, neue Verspannfeder, neue Lager, neue O-Ringe sind selbstverständlich!

## **Zeichnungen und Skizzen**

sind im Anhang zu finden.



## Schlußvermerk

### **-Verfasser und "vollziehende Schrauber":**

Michael Müller, Neu-Ulm (Michael\_NU)

Bernd Otto, Augsburg (Bernd\_A)

Unser innigster Dank gilt unserem Freund

Robert Seidendörfer

von der GeoFKraemer-Federn GmbH für seine Unterstützung mit Rat, Tat und mit seiner mechanischen Fertigung

### **Wichtige Einschränkung:**

Wir können für die Richtigkeit und den Erfolg der hier gezeigten Methode keine Verantwortung übernehmen!

Jeder, der nach der gezeigten Anleitung vorgeht, tut dies auf eigene Gefahr, und muß sich über die möglichen Konsequenzen fachlicher Fehler im Klaren sein!

(ein Auseinanderfliegen der Nebenwelle, eine mögliche Blockade des Motors bei höherer oder hoher Geschwindigkeit, infolge mechanischer Fehler, ist lebensgefährlich!)

Es ist schrauberische Erfahrung, der Zugang zu einer guten mech. Fertigung, sowie viel Gewissenhaftigkeit notwendig, für Amateure ist hier kein Platz!

Gutes Werkzeug und Sauberkeit sind unerlässlich.

Die Hilfe einer zweiten Person ist dringend zu empfehlen.

Jedoch ist diese Methode sowohl nach der Theorie fundiert, als auch in der Praxis erprobt worden, sodaß eigentlich keine Bedenken bestehen, sie auch auszuführen.

Wir wünschen viel Erfolg!

Anhang:

die Zeichnungsdateien sind auch als hochaufgelöste pdf's oder als andere Formate verfügbar.





