Old-Motorcycle-Parts

Germany

Steuerzahnräder für M72, K750 und Ural

Die Steuerzahnradkonstruktion der Motoren M72, K750 und Ural basiert auf einer Konstruktion, die ursprünglich bei BMW-Motorrädern verwendet wurde. Im Laufe der Jahrzehnte veränderten sich die Materialien, die Fertigungstechnologien und die Genauigkeit der Herstellung einzelner Bauteile.

Bei Motorüberholungen begegnen uns häufig Zahnräder aus unterschiedlichen Produktionsperioden und teilweise auch aus verschiedenen Werken. Trotz ähnlicher Optik und identischer grundlegender Abmessungen passen diese Zahnräder nicht immer richtig zueinander und arbeiten nicht in jedem Fall korrekt zusammen.

Deshalb haben wir bei der Entwicklung unserer eigenen Steuerzahnräder besonderen Wert daraufgelegt, nicht nur die ursprünglichen Abmessungen nachzubilden, sondern auch die Materialauswahl, die Zahngeometrie und die Fertigungsgenauigkeit sowie deren gleichbleibende Qualität zu berücksichtigen.

Unser Ziel ist nicht nur die Herstellung von Ersatzteilen, sondern auch die Bereitstellung technischer Informationen, die Besitzern historischer Motorräder helfen sollen, Motorüberholungen fachgerecht durchzuführen.



Von BMW R71 zu M72, K750, Ural und Dnepr

Ausgangspunkt der beschriebenen Zahnradfamilie ist das deutsche Motorrad BMW R71. Seine konstruktiven Lösungen bildeten die Grundlage für das Motorrad M72. In den folgenden Jahren wurde diese Motorenfamilie weiterentwickelt, wofür K750, Ural und Dnepr Beispiele sind. Die konstruktiven Gemeinsamkeiten bedeuten jedoch nicht, dass alle Zahnräder untereinander vollständig austauschbar sind.

Bei unseren Zahnradsätzen für BMW R71 können M72-Steuerzahnräder verwendet werden, sofern das entsprechende Zahnrad für den Bosch-RD-45-Generator mit konischer Befestigung verwendet wird.

Beim Dnepr ist das Nockenwellenrad mit den Zahnradsätzen M72/K750/Ural identisch, das Kurbelwellenrad ist jedoch anders ausgeführt. Deshalb haben wir die Dnepr-Zahnradsätze gesondert beschrieben.



Aufbau des Steuertriebs

Der Steuertrieb der Motoren M72, K750 und Ural besteht aus drei miteinander zusammenarbeitenden Zahnrädern.

Das auf der Kurbelwelle montierte Antriebsrad besitzt 24 Zähne. Es greift in das Nockenwellenrad mit 48 Zähnen ein und gewährleistet damit eine Übersetzung von 2:1, die für den ordnungsgemäßen Betrieb eines Viertakt-Verbrennungsmotors erforderlich ist.

Das dritte Zahnrad dient dem Antrieb des Generators oder der Lichtmaschine, abhängig von der jeweiligen Motorausführung. Die verschiedenen Varianten der Generator- und Lichtmaschinenantriebe haben wir in den Tabellen im weiteren Verlauf des Artikels zusammengestellt.

Alle Zahnräder des Steuertriebs besitzen eine Schrägverzahnung mit Modul 2,5. Dies ist ein Parameter der ursprünglichen Konstruktion, der bereits seit Beginn der Motorenproduktion verwendet wurde. Die Schrägverzahnung sorgt dafür, dass die Zähne allmählich ineinandergreifen, wodurch ein ruhigerer und geräuschärmerer Lauf des Zahnradtriebs begünstigt wird.

Das optional erhältliche Generatorantriebsrad mit 14 Zähnen ist eine von uns entwickelte Modifikation. Ziel ist es, die Drehzahl des Generators zu erhöhen und die Ladeleistung der elektrischen Anlage zu verbessern, insbesondere bei niedrigen Motordrehzahlen.

Die Verringerung der Zähnezahl von 16 auf 14 führt zu einer Erhöhung der Generatordrehzahl um etwa 14,3 % gegenüber der Standardausführung.

Zwei unterschiedliche Möglichkeiten zur Einstellung des Zahnflankenspiels

Das Kurbelwellenrad sitzt fest auf dem Kurbelwellenzapfen, während das Nockenwellenrad mit Presssitz montiert wird. Die Achsen beider Wellen haben im Motorgehäuse eine feste Position.

Eine Einstellung des Zahnflankenspiels durch exzentrisches Verschieben eines der Zahnräder ist hier nicht möglich. Daher sind wir auf die passende Auswahl der Zahnradabmessungen angewiesen. In der Praxis bedeutet dies, dass Zahnräder aus den entsprechenden Selektionsgruppen verwendet werden müssen.

Zu diesem Zweck haben wir eine Tabelle zur Auswahl der Steuerzahnräder entwickelt. Sie ermöglicht es, die passende Kombination für den tatsächlichen Achsabstand des jeweiligen Motors zu bestimmen.

Anders ist die Einstellmöglichkeit beim Antrieb des Generators beziehungsweise der Lichtmaschine gelöst.

Das Aggregat ist im Motorgehäuse so montiert, dass seine Rotorachse gegenüber der Drehachse des Befestigungsgehäuses versetzt angeordnet ist. Dadurch bewegt sich die

Rotorachse beim Drehen des gesamten Aggregats in seiner Aufnahme im Motorgehäuse auf einer Kreisbahn.

Diese exzentrische Bewegung ermöglicht es, den Abstand zwischen den Achsen der miteinander kämmenden Zahnräder zu verändern und damit das Zahnflankenspiel einzustellen.

Werksseitige Kennzeichnungen der Selektionsgruppen

In späteren technischen Unterlagen zu Ural-Motorrädern finden sich Informationen über Selektionsgruppen der Steuerzahnräder sowie über numerische Kennzeichnungen, die auf den Motorgehäusen angebracht wurden.

Diese Kennzeichnungen wurden im Bereich der Generatorbefestigung auf der Seite des Steuertriebs eingeschlagen.

Bei Motorüberholungen finden wir solche Kennzeichnungen häufig an originalen Motorgehäusen. Ihre eindeutige Interpretation ist jedoch nicht einfach.

Uns liegt keine verlässliche Tabelle vor, mit der sich jeder Kennzeichnung am Motorgehäuse ein konkreter Messwert und eine passende Zahnradkombination zuordnen lassen.

Auch in der uns zur Verfügung stehenden Dokumentation haben wir keine vollständige Übersicht der Kontrollmaße für die Zahngeometrie gefunden, die über eine definierte Anzahl von Zähnen mit dem Mikrometer gemessen werden, und zwar für sämtliche werksseitigen Selektionsgruppen.

Deshalb stützen wir die Auswahl bei einer Motorüberholung nicht auf diese Kennzeichnungen. Wir betrachten sie als Hinweis darauf, dass seinerzeit offenbar bestimmte Maße oder Gruppen gekennzeichnet wurden und möglicherweise eine werkseitig festgelegte Abstufung der Achsabstände existierte.

Wir konnten jedoch keine einzige technische Dokumentation finden, in der die Logik und die Parameter dieser Auswahl eindeutig beschrieben werden.

Als Grundlage verwenden wir deshalb die tatsächliche Messung des Zahnflankenspiels und die Auswahl der Zahnräder anhand unserer eigens entwickelten Tabelle.

Werkstoffe unserer Produktion

Bei der Entwicklung unserer eigenen Steuerzahnräder haben wir besonderes Augenmerk auf die Werkstoffe gelegt, aus denen die originalen Bauteile gefertigt wurden.

Die Kurbelwellenräder sowie die Antriebsräder für Generator und Lichtmaschine fertigen wir aus Stahl 40HM.

Die Zahnräder für den Ölpumpenantrieb der Dnepr-Motoren werden aus Aluminium gefertigt.

Beim großen Nockenwellenrad haben wir einen anderen Ansatz gewählt.

Als Referenz dienten uns originale Zahnräder aus älterer Produktion, deren Materialqualität und Fertigungsqualität wir als besonders hochwertig beurteilen.

Wir haben die chemische Zusammensetzung eines originalen BMW-Zahnrads analysiert und die Ergebnisse mit der Analyse eines M72-Zahnrads aus einer frühen Produktionsperiode verglichen.

Auf dieser Grundlage haben wir einen Gusswerkstoff ausgewählt, dessen Zusammensetzung den untersuchten Originalteilen möglichst nahekommt. Anschließend haben wir eigene Gusswerkzeuge konstruiert und gefertigt, um mit der Herstellung neuer Nockenwellenrad-Rohlinge beginnen zu können.

Damit entstand eine Konstruktion, die nicht nur auf der Nachbildung der ursprünglichen Abmessungen basiert, sondern auch auf der Analyse des Werkstoffs, der bei der historischen Produktion verwendet wurde.

Ein charakteristisches Merkmal originaler Steuerzahnräder aus der ältesten Produktionsperiode ist die Kupferbeschichtung. Reste dieser Beschichtung lassen sich noch heute an erhaltenen BMW- und M72-Zahnrädern erkennen.

Eine ähnliche Lösung haben wir auch bei der Herstellung unserer Nockenwellenräder gewählt.

Gussteile, die in Sandformen hergestellt werden, können an ihrer Oberfläche Rückstände des Formmaterials sowie kleine Einschlüsse aufweisen, die während des Gießprozesses entstehen.

Aus diesem Grund reinigen wir unsere Zahnräder vor dem Verkupfern gründlich mittels Strahlverfahren. Dabei sollen möglichst viele Rückstände aus dem Gießprozess entfernt werden.

Anschließend wird auf die Oberfläche des Zahnrads eine Kupferschicht aufgebracht.

In unserer Fertigung betrachten wir diese Beschichtung als zusätzlichen Schutz der nicht bearbeiteten Gussoberflächen. Sie soll das Risiko verringern, dass sich feine Rückstände des Formmaterials oder andere Verunreinigungen lösen und in den Motor gelangen.

Diese Lösung orientiert sich an der Oberflächenbehandlung der ältesten originalen Steuerzahnräder.

Unterschiede zwischen Steuerzahnrädern älterer und späterer Produktion

Bei der Untersuchung originaler Steuerzahnräder haben wir deutliche Unterschiede zwischen Bauteilen aus verschiedenen Produktionsperioden festgestellt.

Zahnräder älterer Bauart wurden im Gießverfahren hergestellt und anschließend wärmebehandelt sowie präzise mechanisch bearbeitet.

Nach dem Gießen wurde das Material einer Wärmebehandlung unterzogen. Anschließend erfolgten die Schruppbearbeitung und die abschließende Feinbearbeitung.

Charakteristisch für diese Zahnräder sind Schleifspuren an den Auflageflächen und Stirnflächen. Bei vielen erhaltenen Exemplaren sind noch heute die Riefen sichtbar, die beim Stirnflächenschleifen durch die Schleifscheibe entstanden sind.

Zahnräder nach dem Planschleifen der Stirnflächen



Die Analyse der chemischen Zusammensetzung und unsere durchgeführten Messungen weisen auf eine hohe Qualität des bei den untersuchten Zahnrädern älterer Produktion verwendeten Werkstoffs hin.

In späteren Produktionsperioden änderte sich die Fertigungstechnologie.

Bei den von uns untersuchten Zahnrädern aus späterer Produktion wurden die Oberflächen, die früher geschliffen wurden, nur noch durch Drehen bearbeitet.

Außerdem stellten wir deutlich größere geometrische Ungenauigkeiten fest, unter anderem:

- Rundlaufabweichungen der Verzahnung
- Axialschlag des Zahnrads
- Ungenauigkeiten der Aufnahmebohrung
- fehlende Koaxialität zwischen Bohrung und Verzahnung
- Abweichungen der Kontrollmaße der Verzahnung

All diese Ungenauigkeiten haben direkten Einfluss auf das Zusammenspiel der Zahnräder. Ein Zahnrad kann die richtige Anzahl von Zähnen und scheinbar korrekte Abmessungen besitzen und dennoch ein wechselndes Zahnflankenspiel, übermäßige Geräusche oder ein stellenweises Klemmen des Zahnradtriebs während der Drehung verursachen.

Unser Ziel bei der Entwicklung neuer Zahnräder war daher nicht nur die Wiederherstellung der ursprünglichen Konstruktion, sondern auch die Erreichung einer geeigneten Werkstoffqualität und Fertigungsgenauigkeit.

Herstellung der Verzahnung unserer Steuerzahnräder

Die Verzahnung unserer Steuerzahnräder fertigen wir im Wälzfräsverfahren auf einer WMW-Wälzfräsmaschine. Bei diesem Verfahren werden die Zähne durch die synchronisierte Drehbewegung des Werkzeugs und des zu bearbeitenden Zahnrads erzeugt.

Unsere Zahnräder werden mit Schrägverzahnung und Modul 2,5 gefertigt.

Neben dem Standard-Generatorantriebsrad mit 16 Zähnen fertigen wir auch eine Ausführung mit 14 Zähnen, die optional dem gekauften Steuerzahnradsatz beigelegt werden kann.

Im Vergleich zum Standardrad mit 16 Zähnen erhöht die Verwendung des 14-Zahn-Rads die Drehzahl des Generators um etwa 14,3 %.

In der Praxis kann dies die Ladeleistung der elektrischen Anlage verbessern, insbesondere bei niedrigen Motordrehzahlen.

Dies bedeutet jedoch nicht automatisch, dass sich der Ladestrom im gleichen Verhältnis erhöht, da dieser auch von der Charakteristik des Generators und des Reglers abhängt.

Vor der Verwendung eines solchen Zahnrads müssen die zulässige Drehzahl des Generators sowie die korrekte Verzahnung und die Einstellmöglichkeiten des Generatorbefestigungssitzes berücksichtigt und überprüft werden.

Warum passen Steuerzahnräder aus verschiedenen Produktionsperioden nicht immer zusammen?

Eines der Probleme, mit denen wir bei Motorüberholungen von M72, K750 und Ural konfrontiert werden, sind die erheblichen Unterschiede in der Ausführung originaler Steuerzahnräder. Dies betrifft nicht nur die Bearbeitungsgenauigkeit, sondern auch die Geometrie der Verzahnung selbst.

Diese Zahnräder besitzen eine Schrägverzahnung. Bei der Vermessung originaler Bauteile haben wir festgestellt, dass der Schrägungswinkel der Zahnlinie nicht immer identisch ist, obwohl die Zahnräder aus Motoren derselben konstruktiven Familie stammen.

Um zu verstehen, wie solche Unterschiede entstehen können, lohnt sich ein Blick auf die Herstellung der Verzahnung im Wälzfräsverfahren.

Teilung und Wechselräder der Wälzfräsmaschine

Beim Fräsen der Verzahnung auf einer Wälzfräsmaschine müssen die Drehbewegung des Schneckenfräsers und die Drehbewegung des Werkstücks exakt miteinander synchronisiert werden.

Dazu wird das Teilungsverhältnis des Teilgetriebes der Maschine berechnet. Anschließend wird eine entsprechende Kombination von Wechselrädern ausgewählt, die üblicherweise mit A, B, C und D bezeichnet werden.

Die Übersetzung muss sicherstellen, dass die erforderliche Zähnezahl erzeugt wird, wobei auch die Anzahl der Gänge des verwendeten Schneckenfräsers berücksichtigt werden muss.

Die korrekte Berechnung der Teilung allein reicht jedoch nicht aus, um ein Zahnrad mit Schrägverzahnung herzustellen.

Differential und Schrägungswinkel der Verzahnung

Beim Fräsen von schrägverzahnten Zahnrädern ist eine zusätzliche Kopplung der Drehbewegung des Werkstücks mit der axialen Vorschubbewegung des Werkzeugs erforderlich.

Bei Wälzfräsmaschinen, die mit einem Differentialmechanismus ausgestattet sind, wird diese Bewegung durch eine weitere Wechselradübersetzung realisiert.

Das Übersetzungsverhältnis wird unter Berücksichtigung der Verzahnungsparameter sowie der kinematischen Konstanten der jeweiligen Maschine berechnet.

Auch die Richtung der Zahnlinienneigung ist von Bedeutung. Abhängig davon, ob eine Links- oder Rechtsverzahnung gefertigt wird, muss die Drehrichtung des Differentialmechanismus entsprechend eingestellt werden. Dies erfolgt bei der jeweiligen Maschinenkonstruktion beispielsweise durch den Einsatz oder das Weglassen eines Zwischenrades.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Winkelstellung des Fräskopfes.

Abhängig von der Richtung der Verzahnung und der Gangrichtung des verwendeten Schneckenfräsers wird dessen Schrägungswinkel bei der Einstellung des Fräskopfes entsprechend addiert oder subtrahiert.

All diese Arbeitsschritte erfordern korrekte Berechnungen und eine sorgfältige Einstellung der Maschine.

Genauigkeit der Berechnungen und Verfügbarkeit der Wechselräder

In der Werkstattpraxis stand nicht immer ein vollständiger Satz an Wechselrädern zur Verfügung, mit dem sich das exakt berechnete Differentialübersetzungsverhältnis einstellen ließ.

Deshalb kam es vor, dass näherungsweise Übersetzungen verwendet wurden, die aus den vorhandenen Wechselrädern zusammengestellt wurden.

Eine geringe Abweichung des Differentialübersetzungsverhältnisses kann dazu führen, dass der tatsächliche Schrägungswinkel der Zahnlinie vom in der Dokumentation vorgesehenen Wert abweicht.

Man kann sich auch vorstellen, dass mehrere Werke oder sogar mehrere Wälzfräsmaschinen desselben Typs mit unterschiedlichen Wechselradkombinationen und leicht abweichenden Einstellungen betrieben wurden.

Dadurch konnten Zahnräder mit gleicher Zähnezahl und gleichem Modul eine unterschiedliche Verzahnungsgeometrie erhalten.

Wir behaupten nicht, dass in jedem Werk auf diese Weise gearbeitet wurde. Es handelt sich jedoch um einen möglichen Mechanismus, durch den die Unterschiede entstanden sein könnten, die wir an erhaltenen Originalteilen beobachten.

Bedeutung der Qualität von Schneckenfräsern

Ein weiterer Faktor ist die Qualität des Werkzeugs.

Schneckenfräser zur Herstellung von Verzahnungen werden in unterschiedlichen Genauigkeitsklassen gefertigt. Unterschiede können unter anderem die Teilungsgenauigkeit, die Profilgeometrie, die Schneckenlinie sowie den Rundlauf des Werkzeugs betreffen.

In unserer Praxis sind uns Schneckenfräser aus sowjetischer, polnischer, tschechischer und deutscher Produktion begegnet.

Wir haben festgestellt, dass Zahnräder, die mit bestimmten sowjetischen Schneckenfräsern gefertigt wurden, trotz des angegebenen Eingriffswinkels von 20° nicht immer korrekt mit Zahnrädern zusammenarbeiteten, die mit Werkzeugen anderer Hersteller gefertigt worden waren.

Solche Kombinationen liefen häufig deutlich lauter.

Aufgrund dieser Beobachtungen vermuten wir, dass Unterschiede in der tatsächlichen Profilgeometrie der Zähne vorhanden gewesen sein könnten. Andere Ursachen, wie die Fertigungsgenauigkeit des Fräsers, dessen Verschleiß, Fehler beim Nachschärfen oder Einstellungen der Wälzfräsmaschine, können jedoch ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Der nominale Eingriffswinkel von 20° allein garantiert noch keine identische Geometrie aller gefertigten Zähne.

Nachschärfen von Schneckenfräsern

Auch die Art und Weise, wie Werkzeuge nachgeschärft werden, spielt eine wichtige Rolle.

Schneckenfräser müssen entsprechend ihrer Konstruktion mit einer geeigneten Schneiden Geometrie und einem korrekten Verlauf der Schleifbearbeitung nachgeschärft werden.

Ein unsachgemäßes Nachschärfen auf einer ungeeigneten Werkzeugschleifmaschine kann die Geometrie der Schneidkanten verändern und dadurch zu Profilfehlern der gefertigten Zähne führen.

Deshalb gewährleistet selbst eine korrekt berechnete und eingestellte Wälzfräsmaschine keine ausreichende Verzahnungsqualität, wenn der verwendete Schneckenfräser geometrische Fehler aufweist.

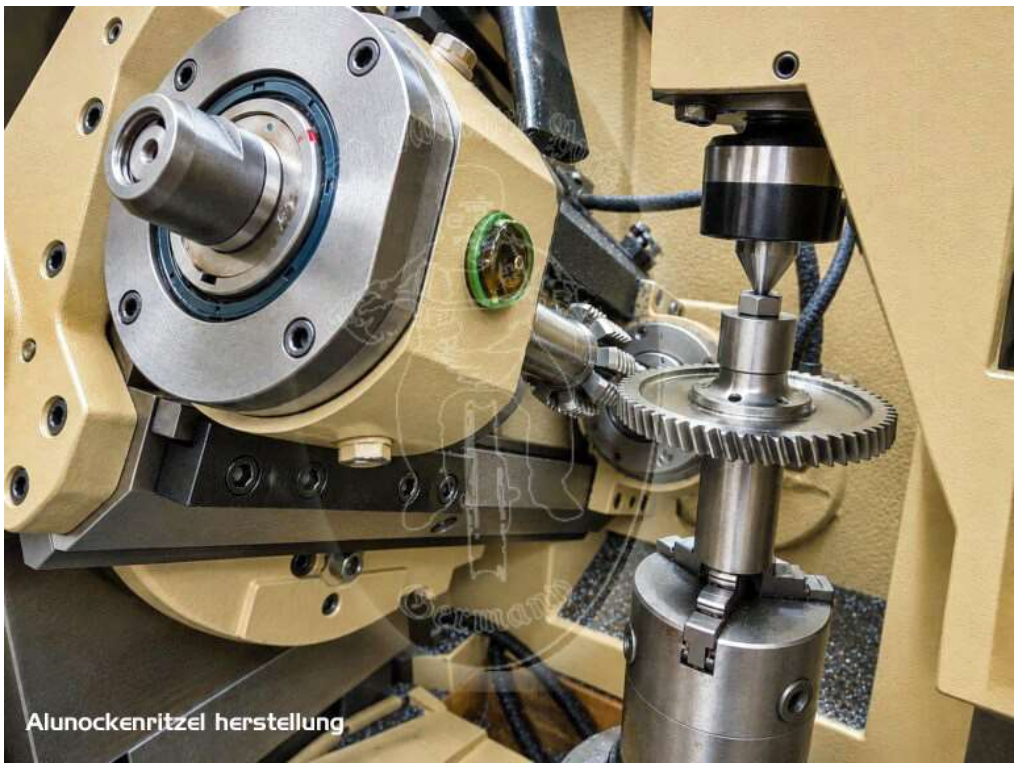
Warum zufällig zusammengestellte Zahnräder laut laufen können

Wenn wir alle beschriebenen Faktoren zusammen betrachten, ergibt sich eine Vielzahl möglicher Fehlerquellen.

Unterschiede im Schrägungswinkel der Verzahnung, Fehler bei der Einstellung des Differentials, Teilungsfehler, Unterschiede in der Zahnprofilgeometrie, radialer und axialer Rundlauf sowie Fehler bei der Bearbeitung der Bohrungen können gleichzeitig auftreten.

Dadurch können zwei Zahnräder mit scheinbar identischen Katalogdaten nicht korrekt miteinander arbeiten.

Dieses Problem tritt besonders deutlich bei zufällig zusammengestellten Zahnrädern auf, die aus unterschiedlichen Produktionsperioden, verschiedenen Werken und teilweise sogar aus unterschiedlichen Motormodellen stammen.



Auf dem Markt für Ersatzteile historischer Motorräder findet man nach wie vor solche Kombinationen, die häufig aus zufällig ausgewählten Zahnrädern bestehen, mit Draht zusammengebunden und mit einer dicken Schicht Fett bedeckt sind.

Wir kennen weder ihre Geschichte noch die Fertigungstechnologie oder die tatsächliche Geometrie ihrer Verzahnung.

Die Auswahl der Selektionsgruppen und das Erreichen des korrekten Zahnflankenspiels beseitigen nicht die Fehler, die durch eine nicht übereinstimmende Geometrie der miteinander arbeitenden Zähne entstehen.

Deshalb haben wir bei der Entwicklung unseres Steuertriebes besonderes Augenmerk nicht nur auf Kontrollmaße und Selektionsgruppen gelegt, sondern auch auf die Verzahnungstechnologie und die gleichbleibende Fertigungsqualität aller miteinander arbeitenden Zahnräder.

Zahnflankenspiel gemäß Werksdokumentation

In der Reparaturdokumentation des Motorrads M72 aus dem Jahr 1950 wird das zulässige Zahnflankenspiel des Steuertriebs mit 0,04–0,25 mm angegeben.

In der späteren Reparaturdokumentation für Ural-Motorräder, herausgegeben 1986 in Irbit, wird für neue Zahnräder dagegen ein Bereich von 0,01–0,12 mm angegeben.

Diese Angaben stammen aus unterschiedlichen Dokumentationen und Produktionsperioden. Sie sollten daher nicht als eine einheitliche, unveränderliche Toleranz für sämtliche Motoren betrachtet werden.

In unserer Montagepraxis verwenden wir einen Zielwert von etwa 0,10 mm.

Auswahl der Selektionsgruppen unserer Steuerzahnräder

Bei unserer Produktion fertigen wir die Nockenwellenräder in zwei Selektionsgruppen, die mit den Nummern 1 und 2 gekennzeichnet sind. Der Unterschied des Kontrollmaßes der Verzahnung zwischen diesen beiden Gruppen beträgt 0,10 mm.

Die Kurbelwellenräder fertigen wir in acht Gruppen, gekennzeichnet von 0 bis 7. Die Abstufung des Kontrollmaßes beträgt jeweils 0,05 mm.

Das Kontrollmaß wird mit einem Mikrometer über eine festgelegte Anzahl von Zähnen gemessen. Dadurch lassen sich Zahnräder aus unterschiedlichen Selektionsgruppen miteinander vergleichen.

Als nominale Kombinationen haben wir folgende Paarungen festgelegt:

- Nockenwellenrad Gruppe 1 + Kurbelwellenrad Gruppe 4
- Nockenwellenrad Gruppe 2 + Kurbelwellenrad Gruppe 2

Beide Kombinationen entsprechen dem gleichen nominalen Maßniveau der Verzahnung.

Unser Ziel bei der Auswahl ist es, ein Zahnflankenspiel von etwa 0,10 mm zu erreichen. Dabei berücksichtigen wir den tatsächlichen Achsabstand sowie die Fertigungsgenauigkeit der Motorgehäuse.

BMW R71 / M72 / K750 / URAL

Selektionsgruppen der Steuerzahnräder

Auswahl der Zahnräder für Nockenwelle und Kurbelwelle | Zahnflankenspiel: 0,10 mm (Nennmaß)

Kurbelwellenrad (Gruppe)	Änderung des Kontrollmaßes gegenüber Nennmaß [mm]	Nockenwellenrad (Gruppe)		Änderung des Kontrollmaßes gegenüber Nennmaß [mm]	Kurbelwellenrad (Gruppe)
		Nr. 1	Nr. 2		
-	-	-	2 + 7	+0,25 mm	7
-	-	-	2 + 6	+0,20 mm	6
7	+0,15 mm	1 + 7	2 + 5	+0,15 mm	5
6	+0,10 mm	1 + 6	2 + 4	+0,10 mm	4
5	+0,05 mm	1 + 5	2 + 3	+0,05 mm	3
4	**Nennmaß 0,10 mm**	1 + 4	2 + 2	**Nennmaß 0,10 mm**	**2**
3	−0,05 mm	1 + 3	2 + 1	−0,05 mm	1
2	−0,10 mm	1 + 2	2 + 0	−0,10 mm	0
1	−0,15 mm	1 + 1	-	-	-
0	−0,20 mm	1 + 0	-	-	-

Verfügbare Antriebszahnräder für Lichtmaschine und Generator

Zahnezahl	Befestigung / Aufnahme	Verwendung
14	Ø 12 mm – zylindrisch	M72 / K750 – beschleunigte Ausführung (+14,29 %)
16	Ø 12 mm – zylindrisch	M72 / K750 – Standardausführung
16	Konisch	BMW R71 – Bosch-Lichtmaschine RD 45
18	Ø 14 mm – zylindrisch	Ural – Lichtmaschine (Alternator)

Gruppen 0–7: Das Kontrollmaß der Zähne ändert sich jeweils um 0,05 mm; der Außendurchmesser des Zahnrades bleibt unverändert.
Die in der Tabelle angegebenen Abweichungen bedeuten nicht unmittelbar eine Änderung des Zahnflankenspiels.

www.old-motorcycle-parts.com

Steuerzahnradsätze für Dnepr

Bei Dnepr-Motoren verwenden wir dasselbe Nockenwellenrad wie bei den Zahnradsätzen M72/K750/Ural, jedoch ein anderes Kurbelwellenrad.

Das System zur Auswahl der Selektionsgruppen bleibt gleich. Die Dnepr-Kurbelwellenräder sind jedoch ein eigenständiges Bauteil.

Zusätzlich werden auch die Zahnräder des Ölpumpenantriebs selektiert, der von der Kurbelwelle angetrieben wird.

Wir fertigen diese Zahnräder in drei Selektionsgruppen. Die Zahndicke unterscheiden sich jeweils um 0,05 mm. Dadurch lässt sich das korrekte Zahnflankenspiel bei unterschiedlichen Achsabständen einstellen, ohne den Außendurchmesser der Zahnräder zu verändern.

Gruppe Nr. 2 entspricht dem Nennmaß.

Gruppe Nr. 1 besitzt ein um 0,05 mm kleineres Maß.

Gruppe Nr. 3 besitzt ein um 0,05 mm größeres Maß.

Steuerräder Dnepr



DNIEPR

Auswahlgruppen der Räder für den Getriebe

Bohrung des Zahnrades der Kurbelwelle | Durchmesser der Passstifte: 0,10 mm

Zahnrad der Kurbelwelle (Gruppe)	Maß der Kontrolle [mm]	Zahnrad der Getriebe (Gruppe)		Maß der Kontrolle [mm]	Zahnrad der Kurbelwelle (Gruppe)
		Nr. 1	Nr. 2		
–	–	–	2 + 7	+0,25 mm	7
–	–	–	2 + 6	+0,20 mm	6
7	+0,15 mm	1 + 7	2 + 5	+0,15 mm	5
6	+0,10 mm	1 + 6	2 + 4	+0,10 mm	4
5	+0,05 mm	1 + 5	2 + 3	+0,05 mm	3
4	Lichtspalt nominal	1 + 4	2 + 2	Lichtspalt nominal	2
3	-0,05 mm	1 + 3	2 + 1	-0,05 mm	1
2	-0,10 mm	1 + 2	2 + 0	-0,10 mm	0
1	-0,15 mm	1 + 1	–	–	–
0	-0,20 mm	1 + 0	–	–	–

Zulässige Zahnradpaare des Alternators und der Ölpumpe

Nocken	Zahnrad / Gruppe	Zusammenpassung der Nocken	Hinweis
Alternator	18 Zähne	Fabrikmäßige Ausführung	Dniepr – Welle Ø14 mm
Ölpumpe	Gruppe 3	+0,05 mm	Größerer Kontrollspalt
Ölpumpe	Gruppe 2	Nominal	Nominale Passung
Ölpumpe	Gruppe 1	-0,05 mm	Kleinerer Kontrollspalt

Zahnrad der Kurbelwelle: ebenfalls wie Gruppe Nr. 1 und 2 für das M72/K750/Ural; Zahnrad der Kurbelwelle von Dniepr ist innen glatt.
Zahnrad der Ölpumpe: Gruppe 0–7, Spiel des Kontrollspalts 0,05 mm. Nominal: 1 + 4 und 2 +2.
Die verschiedenen Gruppen von Zahnrad der Getriebe sind nicht austauschbar, die Einhaltung der Passung ist unbedingt erforderlich.
Vor dem Einbau ist der Öldurchfluss zu prüfen.

www.old-motorcycle-parts.com

Montage und Demontage des Nockenwellenrads

Das Nockenwellenrad wird mit Presssitz montiert. Die Größe des Presssitzes ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Durchmesser des Nockenwellenzapfens und dem Durchmesser der Bohrung im Zahnrad.

In unserer Praxis betrachten wir einen Presssitz von 0,01–0,03 mm als geeignet.

Wir begegnen jedoch auch neuen Nockenwellen, bei denen die Maßdifferenz bis zu 0,05 mm beträgt. Ein derart großer Presssitz kann beim Einbau zur Beschädigung oder zum Bruch des Zahnrads führen.

Deshalb müssen vor Beginn der Montage der Nockenwellenzapfen und die Bohrung des Zahnrads genau vermessen werden.

Außerdem sollten die scharfen Kanten am Anfang des Nockenwellenzapfens entfernt werden. Bei Bedarf kann die Oberfläche vorsichtig poliert werden, wobei die korrekte Zylindrizität erhalten bleiben muss.

Vor der Montage des Zahnrads muss das Lager bereits montiert und dessen Befestigungsdeckel mit zwei Schrauben befestigt sein.

Beim Aufpressen des Zahnrads ist besonders auf den Passkeil zu achten, der seine Position festlegt.

Es empfiehlt sich, die Einführkante des Passkeils leicht anzufasen. Außerdem muss kontrolliert werden, ob sich der Passkeil während der Montage in Richtung Lager verschiebt. Ein Verklemmen des Passkeils kann zum Bruch des Zahnrads führen.

Die Montage kann erleichtert werden, indem das Zahnrad mit einer Heißluftpistole erwärmt wird, während die Nockenwelle auf Umgebungstemperatur bleibt oder leicht abgekühlt wird.

Eine geringe Menge Öl auf den Kontaktflächen erleichtert das Aufschieben.

Das Zahnrad sollte schrittweise aufgepresst werden, wobei seine Ausrichtung kontrolliert werden muss.

Für diese Arbeit reicht eine gewöhnliche manuelle Zahnstangenpresse aus. Eine hydraulische Presse ist nicht erforderlich.

Demontage des Zahnrads

Wir empfehlen nicht, das Zahnrad mit einem gewöhnlichen dreischenkligen Abzieher abzuziehen, da die dabei auf die Zahnradarme wirkenden Kräfte zu einem Bruch führen können.

Eine sicherere Lösung ist die Verwendung einer Presse mit entsprechender Abstützung im Bereich des Lagers. Anschließend wird die Welle aus dem Zahnrad herausgedrückt.

Bei Nockenwellen von Motoren mit Seitenventilen muss besonders auf das empfindliche Ende des Antriebs für den Zündverteilerfinger geachtet werden. Auf dieses Bauteil darf keine Presskraft übertragen werden.

In die axiale Bohrung der Nockenwelle kann eine entsprechend dimensionierte, flache und gehärtete Lagerrolle eingesetzt werden. Sie überträgt die Kraft auf eine stabilere innere Fläche der Welle.

Für Kunden, die einen kompletten Satz aus Nockenwelle, Zahnrad und Lager kaufen, bieten wir außerdem die kostenlose Montage dieser Teile an.

Einstellung des Generator- und Lichtmaschinenantriebs

Im Gegensatz zur Verzahnung zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle lässt sich das Zahnflankenspiel des Generator- beziehungsweise Lichtmaschinenantriebs einstellen.

Dies ist durch die exzentrische Anordnung der Rotorachse gegenüber dem Befestigungsgehäuse möglich.

Durch Drehen des Generators oder der Lichtmaschine in seiner Aufnahme im Motorgehäuse verändern wir den Achsabstand der miteinander arbeitenden Zahnräder und damit das Zahnflankenspiel.

In unserer Praxis stellen wir ein Spiel von etwa 0,10 mm ein. Die Einstellung erfolgt an der Stelle, an der während der Drehung des Zahnradtriebs das geringste Zahnflankenspiel auftritt.

Einstellung bei geöffnetem Steuergehäusedeckel

Am einfachsten lässt sich die Einstellung bei abgenommenem vorderen Steuergehäusedeckel durchführen, wenn die miteinander arbeitenden Zahnräder sichtbar und zugänglich sind.

Für die Grundeinstellung der Verzahnung kann eine Fühlerlehre mit einer Stärke von etwa 0,10 mm verwendet werden.

Während der Drehung des Generatorgehäuses muss die Eingriffstiefe der Verzahnung sowie die Leichtgängigkeit der Zahnräder kontrolliert werden.

Die Fühlerlehre wird an der geeigneten Stelle zwischen die miteinander arbeitenden Zahnflanken gelegt. Dabei ist zu beachten, dass nicht jeder sichtbare Spalt unmittelbar dem Zahnflankenspiel entspricht, das in tangentialer Richtung gemessen wird.

Die Verzahnung muss in mehreren Drehstellungen überprüft werden. Dabei ist die Position mit dem geringsten Zahnflankenspiel zu ermitteln. In genau dieser Position erfolgt die endgültige Einstellung.

Nach dem Festziehen der Befestigung muss das Zahnflankenspiel erneut kontrolliert und sichergestellt werden, dass sich der Zahnradtrieb frei drehen lässt.

Wenn die Unterschiede im Zahnflankenspiel zwischen den einzelnen Drehstellungen erheblich sind, müssen der Rundlauf der Verzahnung und die Antriebskomponenten überprüft werden.

Eine Einstellung über die Exzenterbefestigung kann geometrische Fehler der Zahnräder nicht beseitigen.

Achtung – eine falsche Einstellung kann den Generatorantrieb vollständig außer Eingriff bringen

Die exzentrische Befestigung des Generators ermöglicht die Einstellung des Zahnflankenspiels. Wird das Generatorgehäuse jedoch zu weit verdreht, können die Zahnräder vollständig außer Eingriff geraten.

Wir hatten bereits einen Fall, bei dem ein Kunde den Dynamo C im Rahmen einer Reklamation an uns zurückschickte, weil die Batterie nicht geladen wurde.

Nach der Überprüfung in unserer Werkstatt stellte sich heraus, dass der Generator vollständig funktionsfähig war.

Erst nach der erneuten Montage stellte der Kunde fest, dass das Generatorgehäuse zuvor soweit verdreht worden war, dass das Generatorzahnrad nicht mehr mit dem Antriebsrad im Eingriff stand.

Der Motor ließ sich starten und lief normal, jedoch blieb der Generatorrotor stehen. Dadurch fand keine Ladung statt, obwohl das Gerät selbst vollkommen in Ordnung war.

Dieser Fall zeigt, wie wichtig die Kontrolle des mechanischen Generatorantriebs ist, bevor mit der Diagnose der elektrischen Anlage begonnen wird.

Vor der Beurteilung eines Generators als defekt sollte nicht nur die elektrische Anlage überprüft werden, sondern auch, ob sein Zahnrad korrekt im Eingriff steht und ob der Rotor tatsächlich angetrieben wird.

Auch der umgekehrte Fall muss berücksichtigt werden. Werden die miteinander arbeitenden Zahnräder zu eng eingestellt, kann das Zahnflankenspiel vollständig verschwinden und der Zahnradtrieb blockieren.

Deshalb muss nach jeder Einstellung die Leichtgängigkeit der Drehung und das Vorhandensein eines korrekten Zahnflankenspiels überprüft werden.

Auswahl und Austausch der Zahnräder nach der Probemontage

Da der tatsächliche Achsabstand zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle von Motorgehäuse zu Motorgehäuse unterschiedlich sein kann, ist es nicht immer möglich, allein anhand der Kennzeichnungen einen ideal passenden Zahnradsatz auszuwählen.Deshalb haben wir ein System zur Auswahl und gegebenenfalls zum Austausch der Zahnräder entwickelt.

Der Kunde erhält zunächst einen Zahnradsatz, der auf einer der nominalen Kombinationen basiert:

- Nockenwellenrad Gruppe 1 + Kurbelwellenrad Gruppe 4
- Nockenwellenrad Gruppe 2 + Kurbelwellenrad Gruppe 2

Zusätzlich wird das passende Generator- oder Lichtmaschinenantriebsrad entsprechend der jeweiligen Motorausführung ausgewählt.

Jedes Zahnrad ist mit seiner Selektionsgruppe gekennzeichnet.

Bei der Probemontage sollte das Kurbelwellenrad vorsichtig auf die Kurbelwelle aufgesetzt werden, ohne es vollständig aufzupressen. Anschließend ist das Zahnflankenspiel in mehreren Drehstellungen zu überprüfen.

Wenn das ermittelte Spiel vom Zielwert abweicht, kann anhand unserer Tabelle eine andere Selektionsgruppe ausgewählt werden.

Wir empfehlen, zuerst das Kurbelwellenrad auszutauschen, da die Demontage des Nockenwellenrads mit einem höheren Risiko verbunden ist.

Der Kunde kann das unbeschädigte Zahnrad zurücksenden und dabei die Kennzeichnungen der Selektionsgruppen, das gemessene Zahnflankenspiel sowie die gewünschte Austauschgruppe angeben.

Der Austausch erfolgt ohne zusätzliche Berechnung des Zahnrads. Der Kunde trägt lediglich die Versandkosten.

Nach dem Austausch muss das tatsächliche Zahnflankenspiel erneut überprüft werden.

Die korrekte Zusammenarbeit der Steuerzahnräder hängt von wesentlich mehr Faktoren ab als nur von der Zähnezahl, dem Modul oder dem nominalen Achsabstand.

Entscheidend sind der Werkstoff, die Fertigungstechnologie, die Profilgeometrie, der Schrägungswinkel der Verzahnung, die Bearbeitungsgenauigkeit und die richtige Auswahl der Selektionsgruppen.

Deshalb haben wir bei der Entwicklung unserer Zahnräder versucht, die Lösungen der ältesten Produktionsperioden mit den Möglichkeiten moderner Bearbeitung und Messtechnik zu verbinden.

Unser Ziel ist die Herstellung eines Steuertriebs, der nicht nur in den originalen Motor passt, sondern auch ein korrektes, gleichmäßiges und möglichst geräuscharmes Zusammenspiel aller Zahnräder gewährleistet.

Mit freundlichen Grüßen

Old-Motorcycle-Parts

Germany