

Spielfreie Verzahnungen bieten ungeahnte Möglichkeiten



Hans-Erich Maul

Zahnräder sind Maschinenelemente die in der Industrie in allen Branchen eingesetzt werden. Verzahnungen mit Kunststoffzahnradern haben viele Vorteile gegenüber Metallverzahnungen

- **Wirtschaftlichkeit;**
- **ermöglichen Trockenlauf;**
- **eine niedrige Masse;**
- **durch Gießen in hoher Güte herzustellen.**

Der Traum vieler Verzahnungstechniker ist es „Spielfreie Verzahnungen“ bei möglichst allen Maschinenelementen mit Zähnen zu verwirklichen!

Die Wärmedehnung und die mikrogeometrische Verformung des Systems durch die Belastung macht Zahnspiel, wenn auch nur ein geringes, unverzichtbar. Ohne Zahnspiel wird das Getriebe infolge Überhitzung und großem Druck durch die Dehnungen zerstört.

Es ist bisher nur „spielarme Getriebe“ mit teurer Herstellung möglich. Deshalb geben viele Getriebehersteller als Kenngröße für die hohe Qualität Ihrer

Getriebe den Verdrehungswinkel infolge des Zahnspiels an.

Besonders Zahnräder aus Kunststoff haben eine größere Wärmedehnung und infolge des geringeren Elastizitätsmoduls eine größere Verformung.

Deshalb ist bisher besonders bei Kunststoffverzahnungen ein großes Zahnspiel erforderlich.

Spielfreie Verzahnungen:

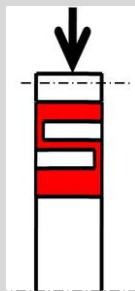
Es wird nun ein anderer Weg aufgezeigt, der es ermöglicht alle herkömmlichen Maschinenelemente mit Verzahnungen spielfrei zu gestalten.

Grundprinzip ist dabei die Dehnungen federnd auszugleichen und die zerstörerischen Wirkungen zu verhindern.

Das Getriebe muss die geforderten Kräfte und Momente übertragen. Dieses macht es erforderlich, dass die Federvorspannung größer ist als die Beanspruchung durch die äußere Belastung.

Gestaltung der Feder am Beispiel Stirnräder:

Die Lösung besteht darin, dass Getriebe aus zwei Kunststoffzahnradern oder aus einem Metall- und einem Kunststoffzahnrad zu fertigen. Dabei wird die Feder durch die Gestaltung



der Form eines Kunststoffzahnrades erzeugt. Es werden zwei oder mehrere Nuten mäanderförmig unterhalb der Verzahnung in das

Bild 1 halber Radialschnitt durch ein Stirnrad. Zu sehen ist das mäanderförmige Profil.

Zahnrad (**Bild 1**) eingebracht.

Die Zahnkraft kann durch Kräftezerlegung in Radialkraft und tangential wirkende Umfangskraft zerlegt werden.

Die Verzahnung stellt für die Radialkraft einen federnden biegeweichen Balken dar. Dieser Balken wird mit nur 34% der Zahnkraft (Norm-Evolventen-Verzahnung) belastet. Er kann damit relativ weich gestaltet werden und Dehnungen ausgleichen.

Für die tangentielle Umfangskraft ist jedoch der Ringquerschnitt der Feder maßgebend. Dieser stellt ein auf Torsion beanspruchtes Rohr mit verhältnismäßig großer Belastbarkeit dar. Dieses „Rohr“ trägt 94% der Belastung.

Stirnräder, Schraubenträder, Kegeltäder, Schneckenräder und Zahnstangen können sinngemäß mit der gleichen federnden Geometrie gestaltet werden. Bei Kegeltädern ist es aber besonders einfach, ein Kegelrad auf der Welle federnd verschiebbar zu machen und somit die Vorspannung zu erzielen.

Ausführung der Verzahnungsgeometrie:

Damit eine stabile Verzahnung erreicht wird sollten die Kunststoffzähne mit einer positiven Profilverschiebung etwa zwischen $x=+0,5$ und $+1$ ausgeführt werden. Wird gleichzeitig ein großer Schrägungswinkel β vorgesehen und eine große Zahnbreite im Bereich von 8 bis 10 x Modul, so erhält man mehrere tragende Zähne und kann relativ große Momente übertragen.

Beim wesentlich stabileren Metallrad kann entweder Null-

verzahnung oder negative Profilverschiebung ausgeführt werden, sodass V-Null Getriebe möglich sind.

Anwendungen der spielfreien Verzahnungen

Das Kegelradgetriebe (**Bild 2**) ist der Antrieb eines Kurbeltriebs. Oszillierende Rückstellmomente zwingen das Kegelradgetriebe spielfrei zu gestalten.

Der Kurbeltrieb treibt das Stirnradpaar (**Bild 3**) mit 1500 min^{-1} hin und her schwingend an. Der Schwingwinkel ist 120° . Das Alurad wird getrieben mit Schwingwinkel 240° . Es treibt einen Mechanismus mit einer relativ großen angehängten Masse.

Das Getriebe läuft sehr geräuscharm.

Kein Spiel =>
Kein Umkehrschlag =>
Kein Geräusch!!!

Weitere Anwendungen:

Getriebe, die oszillierende Elemente antreiben; Getriebe mit genauer Übertragung des Drehwinkels ohne das geringste Spiel (Messverzahnungen); Getriebe die Drehschwingungen übertragen; Lenkgetriebe usw..

Die entstehende Wärmedehnung wird ausgeglichen durch die Federung.

In vielen Fällen sind Verzahnungen mit geringeren Qualitäten verwendbar. Es wird möglich Verzahnungen fertigt zu Gießen statt zu Zerspanen.

Diese spielfreien Verzahnungen wurden vom Autor entwickelt. Die gezeigten Zahnräder werden im Textilmaschinenbau eingesetzt mit sehr guter Lebensdauer, mit einer Einmalfett-schmierung bei Montage. ED ca. 40%.

Als Werkstoff des Kunststoffzahnrades ist z.B.: PA 12G möglich. Dieser ist druck los zu gießen. Trockenlauf ist Problemlos möglich. Er hat gute mechanische Werte und eine sehr geringe Wasseraufnahme sowie einen sehr kleinen Temperaturexpansionskoeffizienten. Besonders vorteilhaft ist es Metallnaben direkt ein zu gießen.

Es sind damit Getriebe ohne jegliches Verdrehwinkelspiel herzustellen. Der Einsatzbereich ist auf mittlere Belastungen, Aussetzbetrieb mit einer ED von ca.50% und einem niedrigen

Temperaturbereich beschränkt!

Anwendungen im allgemeinen Maschinenbau, Getriebebau, der Antriebstechnik, dem Lebensmittel- Medizin- Druck- Papier- Textilmaschinenbau, usw. sind möglich. Aber auch in der Uhren- und Spielwarenindustrie können solche spielfreien Verzahnungen große Vorteile bringen, genaue Übersetzungen zu ermöglichen.

Solche Verzahnungen können von der **Fa. Maul-Konstruktionen aus Aachen** in sehr vielen Varianten gestaltet werden.



**Maul
Konstruktionen**

Fringsgraben 25;
 52068 **Aachen**;
 Tel.: 0241 55 73 05;
 Fax.: 0241 46 32 36 7
info@maul-konstruktionen.de
www.maul-konstruktionen.de

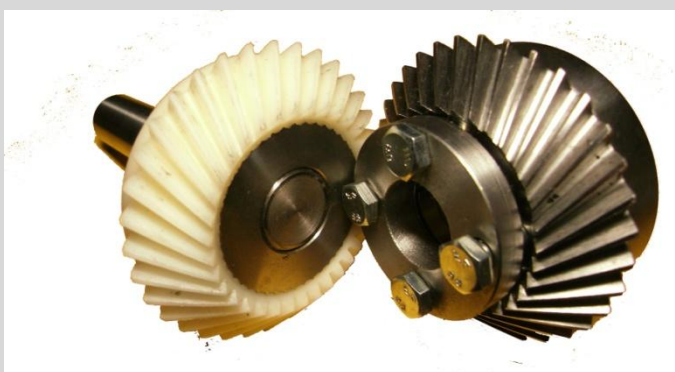


Bild 2 Kegelradpaar: mit Modul=2mm aus Kunststoffzahnrad PA 12G mit eingegossener Stahl-nabe, eingepresster Welle und als Gegenrad ein Stahlrad welches auf einer verschiebbaren Welle federnd geklemmt wird. Normverzahnung: $\alpha=20^\circ$; $\beta=20^\circ$;



Bild 3 Stirnradpaar: Kunststoffzahnrad aus PA 12G aufgeschnitten. Zu sehen ist das mäanderförmige Profil. Als Gegenrad ein Aluminium coatedes Stirnrad. Normverzahnung Modul=2mm; mit $\alpha=20^\circ$; $\beta=20^\circ$; Kunststoffzahnrad $x=+0,5$; Aluzahnrad $x=0$;