

## Neues Entgratverfahren bei der Herstellung von Zahnrädern

### VarioChamfer-Verfahren erleichtert entgraten bei engen Platzverhältnissen

Mit VarioChamfer präsentiert PRÄWEMA Antriebstechnik ein neuartiges, patentiertes Entgratverfahren, das ein Wälzschälen und Entgraten von Zahnkanten in Zahnrädern in nur einer Aufspannung ermöglicht. Dies spart nicht nur Zeit, sondern bringt vor allem bei Innenverzahnungen deutliche Vorteile.

Kernstück von VarioChamfer ist ein rotierendes Werkzeug inklusiver Werkzeugspindel. Das Entgraten erfolgt kontinuierlich am rotierenden Werkstück, wobei das Übersetzungsverhältnis durch die spezifische Auslegung bestimmt wird und dem Verhältnis der Anzahl der Zähne zwischen Werkzeug und Werkstück entspricht.

Dies ähnelt in weiten Teilen dem herkömmlichen Herstellungsverfahren von Zahnrädern mit Werkzeugmaschinen. Das heißt, dass die Anforderung von angefasten Zahnkanten nicht neu ist. Allerdings wurden für bisherige Lösungen beispielsweise sogenannte Entgratomat- oder ähnliche Verfahren eingesetzt. Diese sind jedoch auf Außenverzahnungen von Zahnrädern „spezialisiert“. Bei Innenverzahnungen, die aufgrund der engen Platzverhältnisse in der Regel nicht gut zugänglich sind, kommen diese an ihre Grenzen.

### Effiziente Bearbeitung von Komponenten-für Elektroantriebe

Bauteile, die kaum Freiheitsgrade hinsichtlich der Platzverhältnisse bieten, sind in hochwertigen Elektroantrieben häufig zu finden. Für PRÄWEMA, namhafter Hersteller für Werkzeugmaschinen für die Automobilindustrie und Marktführer beim Verzahnungshonen, war der Boom der Elektromobilität und die damit verbundene Nachfrage nach solchen Bauteilen Anstoß, den effizienten Verzahnungsprozess, um einen rationalen Entgratprozess zu erweitern: VarioChamfer. Damit nicht genug: Der Anspruch bei der Entwicklung dieses Verfahrens war, das Entgratens in die Verzahnungsmaschine zu integrieren, und dass möglichst bei geringem Verlust in der Gesamtbearbeitungszeit der Bauteile.

### Stufenplaneten und Hohlräder in einer Aufspannung verzahnen und entgraten

VarioChamfer bietet vor allem für die neuralgischen Komponenten in Planetengetrieben eine Lösung: der sogenannte Stufenplanet (vgl. Abb. 1) sowie das Hohlrad (vgl. Abb. 2). Beim **Stufenplaneten** bilden zwei unterschiedlich große Verzahnungen mit geringem Abstand zueinander das Werkstück. Die Teile werden heutzutage üblicherweise mittels Wälzschälen, z.B. auf der Präwema SynchroFormV, bearbeitet. Wie bei jeder zerspanenden Bearbeitung, entsteht auch bei diesem Prozess ein Grat an der Austrittsseite des Schälwerkzeuges. Dieser befindet sich unweigerlich genau zwischen den beiden Verzahnungen, die in der Regel mit geringem Abstand zueinander angeordnet sind (vgl. Abb. 3). An dieser Stelle spielt das VarioChamfer-Verfahren aufgrund seines platzsparenden Werkzeuges seine volle Stärke aus.

Bei Hohlrädern handelt es sich um innenverzahnte Bauteile. Auch hier entsteht der Grat durch Herstellung an der Austrittsseite der Verzahnung. Da sich dieser Bereich im Inneren der Aufspannung befindet, unterliegt man hier geometrischen Restriktionen. Mit einem gleichgearteten Werkzeug wie für den Stufenplaneten kann auch hier in das Werkstück kollisionsfrei eingetaucht und das Werkstück angefast werden.

Beim VarioChamfer-Verfahren besteht insbesondere der Vorteil, dass man das Werkstück in der gleichen Aufspannung entgraten kann, in der es verzahnt wurde (vgl. Abb. 4). Es ist kein Ablegen und Wenden und somit keine weitere externe Lösung notwendig. Das Werkstück wird direkt nach dem Verzahnen entgratet.

### **VarioChamfer hilft, Investitionskosten zu sparen**

VarioChamfer ermöglicht demnach, Prozesse in den Fertigungslinien auf engem Raum zusammenzufassen. Investitionskosten für eine weitere Maschine lassen sich einsparen. Alle Bearbeitungsschritte können inline in einer Maschine abgebildet werden. Besonders in der Serienfertigung von Getriebekomponenten ist dies von hoher Bedeutung. So lässt sich dank VarioChamfer beispielsweise ein Stufenplanet innerhalb kürzester Zeit – in weniger als zehn Sekunden – entgraten (vgl. Abb. 5a und Abb. 5b).

### **Anlehnung an Prinzipien der Kinematik**

Die grundlegende Idee von VarioChamfer basiert übrigens auf dem schon seit langem bewährten Hinterlegungsfräsen. Mit diesem Verfahren lassen sich – in der Regel konische – Taschen in Zahnflanken einbringen. VarioChamfer und Hinterlegungsfräsen nutzen Prinzipien der Kinematik, bei der Bewegungen von Körpern rein geometrisch mit den Größen Ort, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung beschrieben werden: Auf dem Umfang des Werkzeuges befindet sich eine Schneide, die nach und nach in jede Lücke des Werkstückes taucht. Diese wird durch die in einem festgelegten Verhältnis gekoppelten Rotationsachsen erzeugt. Auf eine Achse heruntergebrochen, ist die wie folgt vorstellbar: Lässt man das Rad eines Fahrrades über einen Boden rollen, so zeigt das Ventil des Rades bei jeder Umdrehung einmal genau nach unten. Der Weg, der dabei zurückgelegt wird, ist immer der gleiche. Krümmt man den Boden nun zu einem Kreis, „taucht“ das Ventil, nachdem das Rad einmal durch den Kreis gerollt ist, an einer anderen Position ein, als bei der Umdrehung zuvor (vgl. Abb. 6a). Jedoch lässt sich das Verhältnis zwischen Rad und Durchmesser so wählen, dass das Ventil immer genau im gleichen Abstand eintaucht, nämlich dort wo die fiktive Lücke ist (vgl. Abb. 6b).



Abb. 1  
Darstellung eines Stufenplaneten

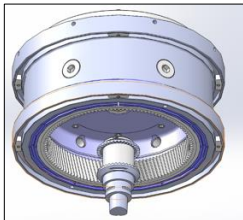


Abb. 2  
Darstellung der beengten Platzverhältnisse am Beispiel eines Hohlrades

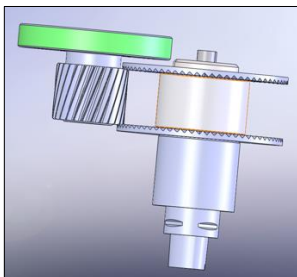


Abb. 3  
Bei zerspanender Bearbeitung entsteht ein Grat an der Austrittsseite. Beim Hohlrad befindet dieser sich genau zwischen den beiden Verzahnungen

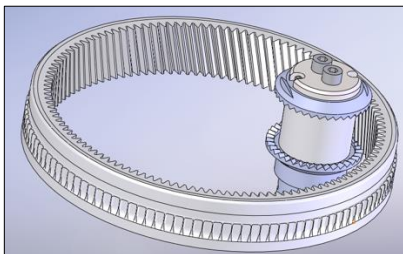


Abb. 4  
Mit VarioChamfer lässt sich ein Hohlrad in einer Aufspannung verzahnen und entgraten

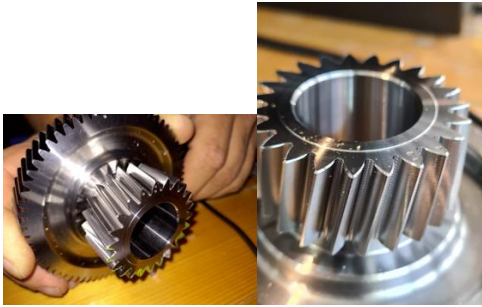


Abb. 5a und 5b  
Stufenplanet mit im VarioChamfer-Verfahren angefasten Zahnkanten

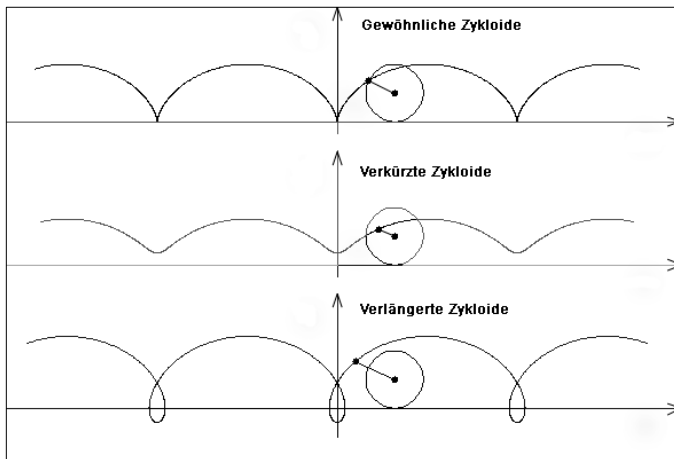


Abb. 6a

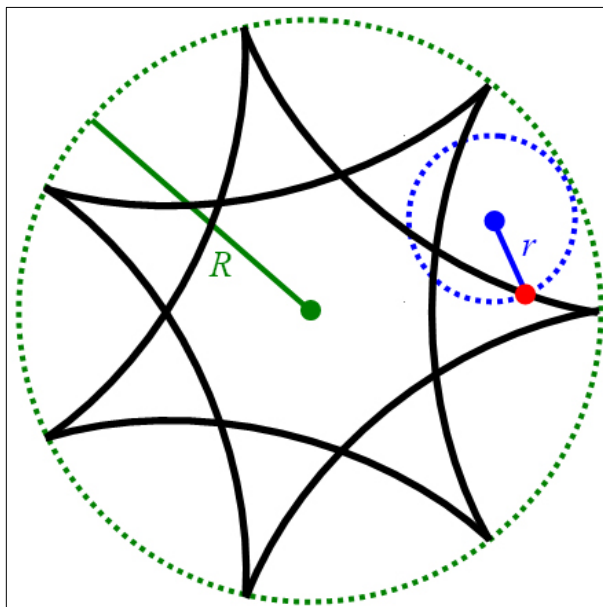


Abb. 6b



Darstellung unterschiedlicher Zykloiden, die als Herleitung für VarioChamfer dienen. Die Abbildung 6b zeigt den gekrümmten Kreis eines Hohlrades, mit dem hypothetischen Punkt, an dem das Zahnrad in die Zahnücke eintaucht. Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Zykloide>

*PRÄWEMA Antriebstechnik ist ein Tochterunternehmen der DVS TECHNOLOGY GROUP mit Sitz in Eschwege. Als Systemanbieter bietet das Unternehmen zukunftsorientierte und flexible **Fertigungslösungen rund um die Antriebstechnik**. Zu dem Maschinenportfolio gehören Anlagen für die Weich- sowie Hart-Feinbearbeitung sowie Werkzeuglösungen und Digitallösungen.*