



# Das spart Montagezeit!

**Zahnstangen: Ist die Schraubenverbindung richtig ausgelegt?**

*Nur eine richtig ausgewählte Verschraubung einer Zahnstange spart bei der Montage Zeit und Geld. Wie aber lässt sich die Verbindung optimal auslegen?*

Betrachtet man ein Zahnrad und eine Zahnstange so sehen diese beiden Maschinenbauteile erst einmal völlig unterschiedlich aus. Das Zahnrad ist rund und symmetrisch, die Zahnstange ist länglich. Vom Prinzip her ist die Zahnstange aber ein Zahnrad mit einem unendlich großen Durchmesser. Diese Besonderheit wird auch in den vorhandenen Normen und Richtlinien entsprechend gewürdigt, egal ob es um Toleranzen oder um die Festigkeit geht.

Auch hinsichtlich der Fertigung bringt die Zahnstange insbesondere beim Härten ganz andere Ansprüche mit sich. Dies hat sicherlich damit zu tun, dass auf der einen Seite Zähne vorhanden sind und auf der anderen Seite Vollmaterial und dass sich diese beiden Seiten beim Erwärmen und Abschrecken unterschiedlich verhalten.

Betrachtet man nun die Schraubenverbindung bei Zahnrad und Zahnstange, dann definiert die VDI2230 auch einen Unterschied, ob die Schrauben in einer Reihe sitzen oder auf einem Lochkreis. In der VDI Richtlinie steht z. B. „... Verläuft die Schraubenreihe parallel zur Krafrichtung werden die Schrauben real ungleichmäßig belastet. Hier tragen die beiden äußeren Schrauben die größte Belastung. ...“

## Von der Theorie in die Praxis

Beim Antriebsspezialisten Atlanta wurden zu diesem Thema über mehrere Jahre umfangreiche Versuche durchgeführt, bei denen die Theorie mit der Praxis überprüft wurde. Dabei konnte festgestellt werden, dass es

Andrea Gansemer ist stellv. Entwicklungsleiterin bei der Atlanta Antriebssysteme E. Seidenspinner GmbH & Co. KG in Bietigheim-Bissingen

sowohl auf die Anzahl der Schrauben, deren Größe, mit Stifte, ohne Stifte, aber auch auf die Art der Oberflächen der An- und Auflageflächen, sowie auf die Beschaffenheit der Zahnstangen selbst ankommt. Zudem ist es ein Unterschied, ob eine Zahnstange gerad- oder schrägverzahnt ist. „All diese Erfahrungen und Versuche sind in unserem internen Rechenprogramm abgelegt. In diesem Programm wird die Movement Resistant Force (MRF) berechnet. Dies ist die Kraft, die eine Zahnstange maximal aushält, bevor sie sich, unter den An-

**Um eine sichere Verschiebung der Zahnstange zu verhindern ist der Faktor Menschenverstand sehr entscheidend.**

Marcus Timmermann, Leiter Konstruktion und Entwicklung, Atlanta Antriebssysteme, Bietigheim-Bissingen

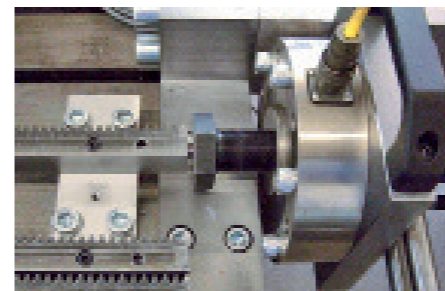


Erst Denken, dann Festlegen:

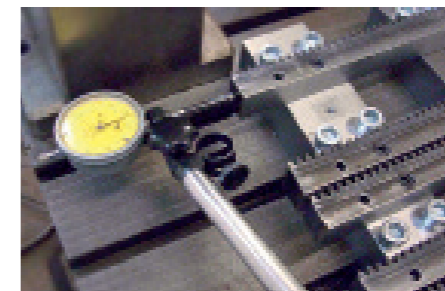
- Bei Zahnstangen kommt es bei der Kraftübertragung nicht nur auf die Verzahnung an, sondern auch auf das, was die Schraubenverbindung aushält. Daher ist der MRF-Wert (Movement Resistant Force) entscheidend.
- Große und kleine Schrauben benötigen bei gleicher Anzahl die gleiche Montagezeit.
- Längere Zahnstangen haben mehr Schrauben, vermeiden Sie kurze Zahnstangen (<1 m).
- Das Verstimmen kann bei richtiger Auslegung komplett entfallen.



01 Atlanta Versuchsaufbau



02 Kraftmessdose zur Ermittlung der MRF



03 Messuhr zum Erfassen der Verschiebung

wendungsbedingungen, bewegt“, berichtet Marcus Timmermann, Leiter Konstruktion und Entwicklung bei Atlanta Antriebssysteme in Bietigheim-Bissingen. Hierdurch ist es möglich Schraubenverbindungen so auszulagen, dass selbst ein Verstimmen bei Not-Aus entfallen kann.

„Die meiste Zeit lässt sich einsparen, wenn man ganze Arbeitsgänge und logistischen Aufwand weglassen kann. Wichtig ist, dass die Schraubenverbindung für das benutzt wird, wofür diese da ist, nämlich für die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Bauteilen Zahnstange und Maschinenbett“, weiß Timmermann. Hierbei sollte der Anwender darauf achten, dass keine Zusatzkräfte innerhalb der Schraubenverbindung vorhanden sind. Beim Anziehen dürfen keine zusätzlichen Querkräfte in die Schraube eingetragen werden oder diese im Anzugsprozess in eine Schiefelage geraten. Hier können unter Umständen Spannungen und zusätzliche Belastungen der Schraube bei Schiefelage entstehen, die beim Überrollen eines Zahnrades über die Zahnstange frei würden und zu einem Lösen der Schraubenverbindung führen können.

## Weniger Schrauben, mehr Meter

„Um eine sichere Verschiebung der Zahnstange zu verhindern ist der Faktor Men-

schenverstand sehr entscheidend. Der normale Menschenverstand sagt einem nämlich, dass es für einen Monteur keinen wesentlichen Unterschied macht, welche Schraubengröße er gerade anzieht“, rät Timmermann. Ein Beispiel: Im Industriestandard sind in einer 1 m langen Modul-5-Zahnstange acht Bohrungen für Schrauben mit M12-Gewinde untergebracht. Nimmt man diese nun als 100 % MRF an, dann würden 16 Schrauben mit M12 Gewinde 200 % dieser Kraft halten, man würde aber doppelt so lange brauchen, diese anzuziehen. Es macht jedoch wesentlich mehr Sinn acht Schrauben mit M16-Gewinde zu verwenden, die ebenfalls bei ca. 200 % MRF liegen und von der Montagezeit beim ursprünglichen Industriestandard liegen. Noch besser ist es, bei längeren Montagestrecken keine 1-Meter-Zahnstangen zu verwenden, sondern gleich 2-Meter-Zahnstangen einzusetzen. So ergeben sich automatisch doppelt so viele Schrauben und der Stoß zwischen den Zahnstangen und der dazugehörige Montageaufwand entfällt. Darüber hinaus liegt bei erfahrenen Herstellern der Gesamtteilungsfehler einer 2-Meter-Zahnstange lediglich beim 1,3-fachen Wert der 1-Meter-Zahnstange, was zu einer höheren Genauigkeit der gesamten Montagestrecke führt.

www.atlantagmbh.de