

# Einfach dimensioniert

## Finite-Elemente-Analyse unterstützt die Auslegung dynamisch hochbelasteter Kugelgewindetriebe



*Die optimale Auslegung dynamisch hochbelasteter Kugelgewindetriebe ist für Maschinenbauer eine Herausforderung, die im allgemeinen relativ viel Zeit und ein gewisses Spezialwissen erfordert. Eine Finite-Elemente-Software mit hinterlegten Modellen soll die Sache leichter machen.*

**K**ugelgewindetriebe (KGT) müssen nach zwei entgegengesetzten Kriterien ausgelegt werden: Steifigkeit und Lebensdauer. Je nach Anwendungsfall, Dynamik und Höhe der auf die Spindel wirkenden Kräfte müssen Spindeldurchmesser- und Steigung, Kugeldurchmesser und -Kontaktwinkel, Vorspannkraft und Schmiegun vor der Herstellung zuverlässig dimensioniert werden. Die Norm DIN ISO 3408 ist dabei ein Muss für jeden Ingenieur. Die darin enthaltenen Gleichungen gelten jedoch nur unter idealisierten Bedingungen, wie beispielsweise unter rein axial wirkender Last.

### Reale Bedingungen

In Wirklichkeit werden die Kugelgewindetriebe selten rein axial belastet und das kann viele Gründe haben: Die klassischen Lager- und Mutterböcke führen unter rein axialer Last zu zusätzlichen Kippmomenten. Außerdem schwächt der Rücklauf der Kugeln (insbesondere bei innerer Ausführung) die Gewindemutter einseitig, was zu ungleichmäßiger Lastverteilung auf die einzelnen Kugeln führen kann. Eine nicht-ganzzahlige Anzahl von Kugelumläufen kann ebenso zu einer vom Ideal abweichenden Lastverteilung innerhalb des Mutterkörpers führen. Die Folge sind Kugel-

kontaktpressungen, die in Wirklichkeit wesentlich höher liegen können als unter idealisierten Bedingungen. In der Norm wird diese Tatsache mit Hilfe von Sicherheits- und Korrekturfaktoren kompensiert. Die Faktoren hängen von Betriebsbedingungen wie Stoßbelastungen und Erschütterungen ab, deren Einschätzung durch den Ingenieur sich als eher schwierig erweist.

Ferner führt die im Betrieb auftretende Erwärmung der Komponenten häufig zu einer Veränderung der Vorspannung. Die Vorspannung ist allerdings für die Einhal-

tung der geforderten Steifigkeit und Lebensdauer von wesentlicher Bedeutung.

Bei all diesen Unsicherheiten bietet die Finite-Elemente-Analyse (FEA) dank ihres universellen Charakters wertvolle Hilfestellung. Trotz steigender Rechenleistung heutiger Workstations war jedoch der Einsatz der FEA für die praxisbezogene Auslegung von Kugelgewindetriebe bis vor kurzem zu unwirtschaftlich: Die etablierte FE-Soft-

ware liefert keine spezialisierten Lösungen, sodass die FE-Modellierung viel Spezialwissen erforderlich macht. Hinzu kommt, dass die Analyse eines einzigen Kugelgewindetriebs mit bis zu tausend Kontaktpunkten erst nach mehreren Berechnungstagen eine Lösung liefert.

### Neue Simulationstechnologie

Die Firma Meshparts mit Sitz in Stuttgart entwickelt und perfektioniert seit Jahren eine neue, auf die Bedürfnisse der Maschinenbaubranche zugeschnittene FE-Software. Die Software verfügt über eine umfangreiche Bibliothek von fertigen FE-Modellen, unter anderem Modellen von Kugelgewindetriebe. Diese Standardisierung beschleunigt die FE-Modellierung von Kugelgewindetriebe laut Anbieter erfahrungsgemäß um das Zehnfache. Des Weiteren könnten die mit der Meshparts-Software erstellten KGT-Modelle dank spezieller Kontaktmodelle um Größenordnungen schneller als mit Standardmethoden berechnet werden. Mit Hilfe der FEA und der Spezialsoftware können bei Neuentwicklungen von Kugelgewindetriebe laut Meshparts kritische Fälle exakter betrachtet werden als je zuvor.

### Im Einsatz

Die Firma A. Berger GmbH & Co. Präzisions-Maschinenbauteile ist einer der frühen Anwender dieser neuen Simulationstechnologie. Bei der Auslegung eines neuen, dynamisch stark belasteten Kugelgewindetriebs mit Doppelmutter wollten die Entwicklungsingenieure dieses Unternehmens eine gegenüber der Normberechnung höhere Sicherheit erreichen. Meshparts hat dabei mit den notwendigen Simulationsuntersuchungen unterstützt. In einer Parameterstudie wurde der Einfluss der Schmiegun auf die maximale Kontaktpressung untersucht und mit analytischen Berechnungen nach Norm verglichen. Die Steifigkeit der Kugelgewindemutter wurde für

---

*Mit Hilfe der FEA und der Spezialsoftware können bei der Entwicklung von Kugelgewindetriebe kritische Fälle exakter betrachtet werden*

---

zwei Lastfälle – mittlere und maximale Last – ermittelt. Dank der äußerst detaillierten FE-Modelle konnte problemlos auch die lastabhängige Kontaktwinkeländerung für jede einzelne Kugel im Modell ausgewertet werden. Der zum Vorspannen der Mutter erforderliche Verdrehwinkel konnte ebenfalls simulativ eingestellt werden.

[www.meshparts.de](http://www.meshparts.de)