

Planeten- versus Zykloidgetriebe

Sollen in der Robotik oder Automatisierung Präzisionsgetriebe zum Einsatz kommen, stehen Konstrukteure vor der Wahl zwischen zwei verschiedenen Getriebearten: Planeten- und Zykloidgetriebe. Die Vor- und Nachteile der beiden Lösungsansätze.

Anwendungen in der Robotik oder auch im Werkzeugmaschinenbau verlangen in der Regel eine hohe Präzision. Um diese dauerhaft zu gewährleisten, sind robuste Präzisionsgetriebe mit einer langen Lebensdauer gefragt. Mit Planeten- und Zykloidgetrieben haben sich hier zwei unterschiedliche Bauarten etabliert. Konstrukteure sollten daher die jeweiligen Vor- und Nachteile dieser Getriebetypen kennen und abwägen, um die optimale Untersetzungslösung zu erhalten.

Planetengetriebe verteilen die Last

Planetengetriebe bestehen im Wesentlichen aus drei grundlegenden Elementen: einem mittigen sogenannten Sonnenrad, drei oder

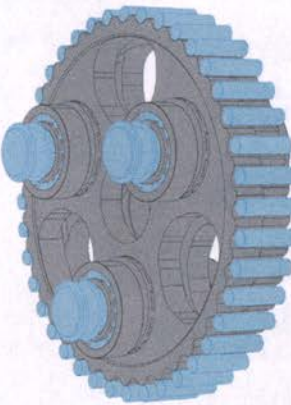
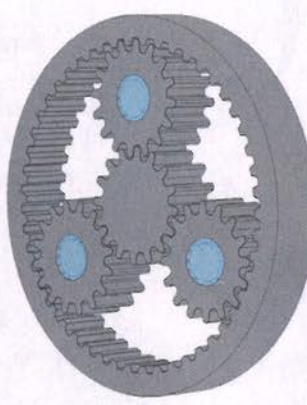
mehr Satelliten- beziehungsweise Planetenrädern und einem Hohlrad. In einem typischen Planetengetriebe überträgt das Sonnenrad die Bewegung zu den Satelliten. Diese rollen sich dann im statischen Hohlrad ab. Die Planetenräder sind am Planetenträger montiert, der die Drehzahl an die Abtriebswelle überträgt. „Mit Planetengetrieben sind in der Regel mit einer oder zwei Getriebestufen Untersetzungen von 3:1 bis 100:1 möglich“, erklärt Marcus Löw, Vertriebsleiter von Nabtesco Precision Europe. Indem man eine oder mehrere Vorstufen ergänzt, könne man die Gesamtuntersetzung weiter erhöhen.

Im Unterschied zu einfachen Untersetzungslösungen, wie etwa Schneckengetrie-

ben, wirken bei Planetengetrieben geringere Kräfte auf die Zahnräder, da das Drehmoment stets auf mehrere Zahnräder verteilt wird. Außerdem bewirkt diese Verteilung einen geräuscharmen Lauf ohne Kraftflussunterbrechung.

Zykloidgetriebe mit zweistufiger Untersetzung

Zykloidgetriebe dagegen setzen auf zweistufige Antriebskomponenten. Sie bestehen hauptsächlich aus vier Bauelementen: einer Antriebswelle, zwei bis drei Exzenterwellen, zwei Kurvenscheiben sowie einer der Untersetzung entsprechend langsam laufenden Abtriebswelle. Zunächst wird in einer ersten Stufe die Drehbewegung des Servomotors über die Eingangswelle auf die

<p>Zykloidgetriebe</p> <p>Wälzende Kraftübertragung mit großer Kontaktfläche</p> 	<p>Planetengetriebe</p> <p>Geringe Kontaktfläche zur Kraftübertragung (jeweils 3-6 Zähne)</p> 	<p>Da bei einem Zykloidgetriebe im Vergleich zu einem Planetengetriebe permanent rund viermal so viel Kontaktfläche zwischen Rollen und Kurvenscheibe besteht, zeichnen sich die Zykloidgetriebe durch eine sehr hohe Schockbelastbarkeit bis zum Fünffachen des Nennmoments aus.</p>
---	--	---

Stirnräder übertragen. Dabei reduziert sich die Drehzahl entsprechend des Übersetzungsverhältnisses von Eingangswelle zu Stirnrädern. Die Stirnräder sitzen auf Exzenterwellen, die jeweils über drei um 120° versetzte Exzenter verfügen. Die beiden Kurvenscheiben werden über ein Lager auf den Exzentern angetrieben. Die drei Exzenterwellen in der Abtriebs- und Antriebsseite sind jeweils gelagert.

An der Innenseite des Gehäuses ist ein Kurvenprofil entsprechend der Kurvenscheiben eingearbeitet. Dieses bildet die zweite Übersetzungsstufe. Das Kurvenprofil im Gehäuse besitzt eine Vertiefung mehr als die Kurvenscheiben. Bolzen, die zwischen den Kurvenscheiben und dem Kurvenprofil im Gehäuse angeordnet sind, übertragen die Drehbewegung wälzend an die Abtriebswelle. Wenn die Exzenterwellen eine volle Drehung durchlaufen, drehen sich die Kurvenscheiben außermittig um eine Teilung weiter. Dabei berühren alle Kurven der Kurvenscheibe die Bolzen und wälzen sich auf ihnen ab.

Auf dem gesamten Umfang des Kurvenprofils ist ein sogenannter Zahneingriff gewährleistet, da die beiden Kurvenscheiben auf den Exzentern um 180° zueinander verschoben sind. So lassen sich Drehmomente bis zum 5-fachen des Nenndrehmoments mit einer Präzision von unter einer Winkelminute bei höchster Laufruhe übertragen und aufgrund der beiden Übersetzungsstufen hohe Übersetzungsverhältnisse erzielen. Konkret erlauben Zykloid-

getriebe Übersetzungen von 30:1 bis über 300:1 – ohne zusätzliche Vorstufen, wie sie sonst bei Standard-Planetengetrieben nötig sind.

„Die für Zykloidgetriebe typische Kraftübertragung über Bolzen und Rollen sorgt für einen hohen Wirkungsgrad, eine lange Lebensdauer und ein extrem geringes Spiel des Getriebes“, hebt Marcus Löw die Hauptvorteile gegenüber Planetengetrieben hervor. „Darüber hinaus garantiert die rollende Reibung aller an der Kraftübertragung beteiligten Elemente ein sehr geringes Losbrechmoment – je nach Baugröße und Übersetzung 0,1 Nm bis etwa 5,9 Nm.“

Das zweistufige Übersetzungsprinzip reduziert die Vibrationen sowie die Massträgheit und lässt größere Übersetzungen zu. Der fast vollständige Kontakt innerhalb der Zykloiden-Bolzen-Konstruktion und die gleichmäßige Kraftverteilung innerhalb des Getriebes erlauben



Der nahezu 100-%ige Kontakt innerhalb der Zykloiden-Bolzen-Konstruktion und die gleichmäßige Kraftverteilung innerhalb des Getriebes erlauben eine hohe Belastung bei geringem Spiel.

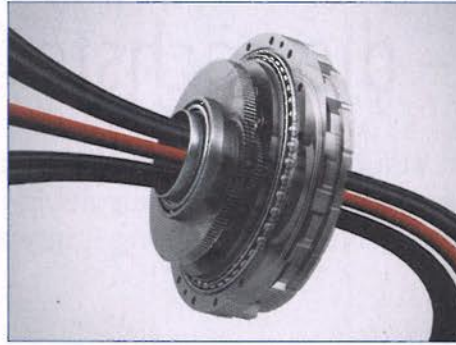
außerdem eine hohe Belastung bei geringem Spiel.

Durch diesen besonderen Aufbau erreichen die Getriebe eine hohe Wiederhol- und Bahngenauigkeit. Im Nulldurchgang der Hysterese liegt die Öffnung beispielsweise im Fall der RV-Getriebe von Nabtesco deutlich unter einer Winkelminute. Der symmetrische Aufbau und die Wälzlagerabstützung aller Wellen gewährleisten zudem ein konstantes Betriebsverhalten über die komplette Lebensdauer. Außerdem erlauben sie hohe Lastspitzen bis zum Fünffachen des Nenndrehmoments, wie sie beispielsweise Beispiel bei Not-Aus-Situationen auftreten können.

Die Entscheidungskriterien

Wenn in der Konstruktion eine Entscheidung zwischen Zykloid- und Planetengetriebe ansteht, gilt es zunächst, die benötigte Präzision in der Anwendung zu betrachten: „Sind Spiel und Positioniergenauigkeit von wesentlicher Bedeutung, bieten Zykloidgetriebe durchweg die besseren Leistungsdaten“, so Marcus Löw. Mit anderen Worten: „Zykloidgetriebe weisen eine robustere Bauweise auf als Planetengetriebe und kommen daher auf eine höhere Lebensdauer. Auch über einen langen Zeitraum ist die Spielzunahme bei Zykloidgetrieben extrem gering.“ Konstruktionsbedingt sind sie deutlich steifer und dabei kompakter (etwa 50 % kürzer) sowie leichter als mehrstufige Planetengetriebe. Zudem bieten sie eine um 500 % höhere Überlastsicherheit. Ein weiteres wichtiges Kriterium sei die geforderte Untersetzung. Bei Untersetzungen von 3:1 bis 100:1 böten Planetengetriebe eine hohe Drehmomentdichte. „Auch wenn es prinzipiell möglich ist, lassen sich bei Zykloidgetrieben bauartbedingt Untersetzungen unter 30:1 nur schwer ohne eine zusätzliche Vorstufe erzielen“, sagt Marcus Löw. „Liegen die geforderten Untersetzungen aber über 30:1, sind Zykloidgetriebe im Vorteil, da sie gegenüber den Planetengetrieben keine zusätzlichen Vorstufen benötigen.“

Vergleicht man die Abmessungen der beiden Getriebetypen, fällt auf, dass die Baulänge der Planetengetriebe mit größer werdenden Untersetzungen spürbar zunimmt. So erreichen mehrstufige Planetengetriebe etwa 30 bis 40 % größere Baulängen als Zykloidgetriebe mit identischer Untersetzung. Zykloidgetriebe dagegen



Die Getriebe der Baureihe RV-C von Nabtesco verfügen über eine Hohlwelle, die es ermöglicht, Versorgungs- und Datenkabel, Leitungen oder Laser durch das Getriebe zu führen.

haben bei kürzerer Baulänge einen um etwa 10 % größeren Durchmesser.

Um das jeweils optimale Getriebe zu finden, ist es Löw zufolge notwendig, alle Anforderungsparameter der einzelnen Arbeitszyklen hinsichtlich Lebensdauer und Not-Aus-Situationen zu betrachten. Daher müsse ein besonderes Augenmerk den Spezifikationen der einzelnen Getriebe gelten: „Die Auslegung einer Applikation sollte grundsätzlich vom Getriebe ausgehen, um die bestmögliche wirtschaftliche Leistung zu erhalten“, rät der Experte. Dies erleichtere die Auslegung der gesamten Anwendung.

Zykloidgetriebe wie die von Nabtesco kommen vor allem bei Applikationen zum Einsatz, bei denen schnelle und genaue Positionierbewegungen mit hohen Traglasten ohne Nachschwingen gefordert sind. Optionale Vorschaltgetriebe ermöglichen dabei die rechtwinklige Montage von Motoren sowie auch größere Untersetzungen als die bereits werksseitig angebotenen von bis zu $i = 300$. Diese seien bei anderen Getrieben nur über mehrere Planetenstufen realisierbar.

Die Serie RV-E kombiniert die RV-Getriebe mit großen integrierten Schrägkugellagern. Sie dienen der Aufnahme äußerer Kräfte und Momente; eine zusätzliche externe Lagerung ist überflüssig. So entstehen Präzisionsgetriebe in kompakter Bauform mit extremer Steifigkeit und langem konstanten Betriebsverhalten. *gh*



AXEL HAHNE
ist Fachredakteur aus Buchholz.