

Bild 1 Planeten-Wälz-Gewindespindeln (PWG). (Bild: Ortlieb)

Planeten-Wälz-Getriebespindeln als Alternative zu fluidischen Systemen

Superkompakter Spindelantrieb

Planeten-Wälz-Getriebespindeln (PWG) kombinieren die Funktionen eines Planetengetriebes mit denen einer Linearspindel. Die elektrisch angetriebenen Spindelsysteme bieten eine hohe Kraftübertragung bei sehr niedrigem Gewicht und minimaler Reibung. Sie bilden das Herzstück für hochpräzise Linearbewegungen mit kompakten und dennoch leistungsstarken Linearantrieben mit einem ebenfalls sehr guten Kraft-Volumen-Verhältnis im Vergleich zu hydraulischen oder pneumatischen Systemen. Zugleich bieten sie einen deutlich besseren Wirkungsgrad als gängige Gewindespindeln. Zusammen mit Servomotoren und der entsprechenden Regelungstechnik ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten.

Die erste PWG

Entwickelt wurde die Technologie der PWG vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) für einen ferngesteuerten Roboter der D2-Weltraum-Mission (1993). Der Antrieb des Robotergreifers sollte zugleich sehr leicht und sehr kompakt sein und dennoch über eine hohe Kraftdichte verfügen. Mit den herkömmlichen Spindeln war dies nicht zu erreichen. So entstand eine PWG, die vom DLR patentiert wurde. Diese Planeten-Wälz-Gewindespindel vereint

die Funktionen von Spindel und Planetengetriebe in einem System und kann eine Spindelsteigung von nur einem Millimeter ermöglichen. So erzielt man in Kombination mit der PWG mit relativ kleinen Motoren hohe Kräfte. Zudem sind PWG-Lösungen ungewöhnlich robust und standfest. Von diesen Attributen überzeugt, erwarb das Schwesterunternehmen der Ortlieb Präzisionssysteme GmbH & Co. KG, die Wilhelm Narr GmbH & Co. KG, das Patent und machte die PWG industrietauglich und serienreif.

Das Funktionsprinzip der Planeten-Wälz-Gewindespindel (PWG)

Im Gegensatz zu Kugelgewindetriebsen werden beim Planetenwälzgetriebe Rollen, die sogenannten Planeten, als Wälzkörper verwendet. Der Planetenwälzgewindetrieb verwendet also sowohl die Technologie des Wälzlagers als auch die eines Planetengetriebes. Der Wälzkörper reduziert die Reibung zwischen der Spindelstange und der Mutter. Der Name Planeten-Wälz-Gewindespindel entstand durch das

vergleichbare Prinzip der Rollkörper, die um die Spindel rotieren, wie Planeten um ein Gestirn.

Die zylindrischen Rollkörper, also die Planeten, übertragen die Kraft auf die Mutter. Sie sind zwischen Spindel und Mutter angeordnet. Die Rollkörper sind durch größer ausgeführte Führungsrillen mit der Mutter verbunden. Zudem verfügen sie über feine, den Spindelgewinderillen angepasste Rillen, die Antriebsflanken. Die Spindel eines PWG verfügt über ein Gewinde mit Steigung. Die Mutter und die Planeten haben dagegen keine Steigung, sondern nur grobe und feine Rillen. Die Übertragung des Antriebsdrehmoments erfolgt also durch Reibschluss. Das führt zu einem geregelten Schlupf zwischen Gewindespindel und Mutter – nicht zu verwechseln mit Spiel. Die reibschlüssige Übertragung der Drehmomente zwischen den Planetenrollen und der Mutter führt zu einem Schlupf von ca. 1 bis max. 10 % des zurückgelegten Weges.

Durch die ständige Änderung der Kontaktpunkte zwischen Spindelflanken und Planeten wird ein Einlaufen der Teile verhindert. Somit wirkt sich der systembedingte Schlupf positiv auf die Robustheit und damit die Standzeiten des Systems aus. Die Größe des Schlupfs kann abhängig sein von Krafrichtung oder -höhe, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Temperatur und vielem mehr. So muss beispielsweise bei maximaler Kraft ein Schlupf von etwa 1 % berücksichtigt werden. Liegt die Steigung bei 1 mm erfolgt bei 20 Umdrehungen ein Weg von beispielsweise 19,80 mm. Dieser Schlupf kann durch ein Wegmesssystem kompensiert werden. Auf das dynamische Verhalten einer geregelten Antriebsachse wirkt sich der Schlupf daher nicht aus.

Steigung der Spindelstange

Je nach Position im Planetenträger bilden die Rollen durch ihre umlaufenden Antriebsrillen den Gewindegang nach. Rotierten diese um die Spindelstange, wird letztere entsprechend der Drehrichtung axial angetrieben. Dies bewirkt eine hohe axiale Steifigkeit durch die hohe Anzahl der Kontaktpunkte. Die grobe und feine Rillung des Rollkörpers bewirkt einen geringen Phasenversatz, entsprechend der Spindel-Gewindesteigung zwischen benachbarten Rollen. Die Rollkörper rotieren um die Tragrillen der Mutter, so dass hier keine Hubbewegung

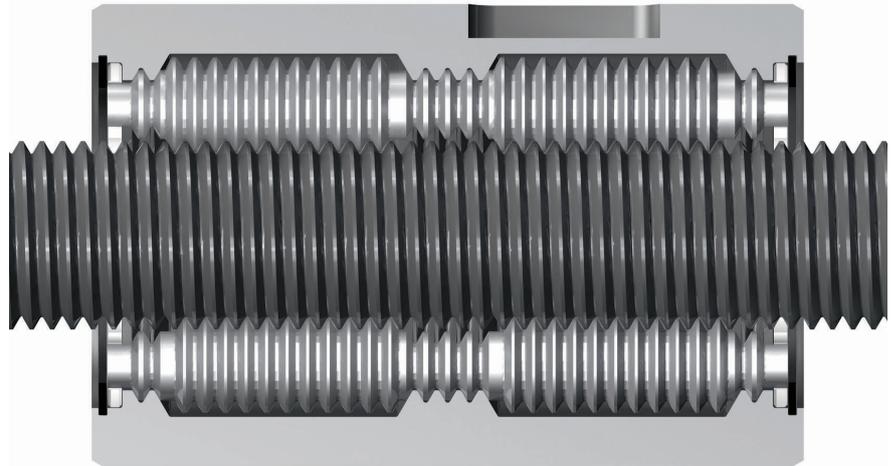


Bild 2 Eine PWG besteht aus nur wenigen Bauteilen: der Spindelstange, den Planetenrollen, der Spindel Mutter und den Planetenträgern. (Bild: Ortlieb)

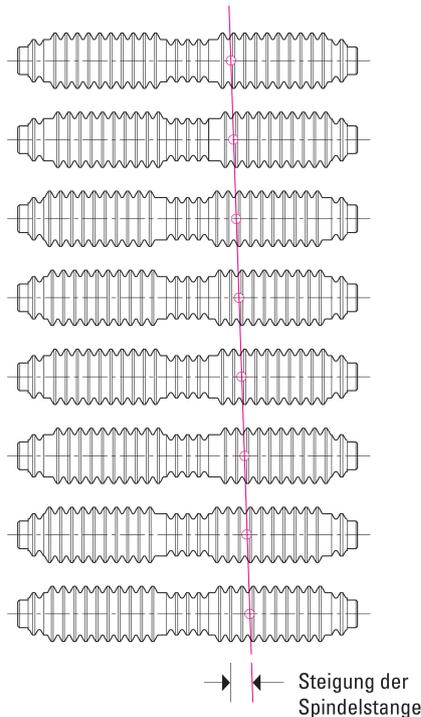


Bild 3 Das Übersetzungsverhältnis von Dreh- zu Hubbewegung lässt sich durch Variieren der Spindelsteigung grob beeinflussen. (Bild: Ortlieb)

entsteht. Sie können daher nicht aus der Mutter herauswandern. Der Kontakt zwischen Planeten und Mutter durch die Rillen verhindert also ein Durchrutschen. Und durch die Steigung der Spindel und die Nicht-Steigung von Mutter und Planeten ergibt sich mithilfe der Planetenrollen eine Gesamtsteigung, die deutlich kleiner ist als die Spindelsteigung. Das Übersetzungsverhältnis von Dreh- zu Hubbewegung lässt sich durch Variieren der Spindelsteigung grob beeinflussen.

Vorteile der PWG

Die großen Vorteile der PWG gegenüber herkömmlichen Spindelstangen ist die Kombination aus Gewindespindel und Planetengetriebe. Dadurch entsteht eine große Flexibilität gerade bei den Auslegungsmöglichkeiten. Gegenüber üblichen Gewindetrieben mit Trapez- oder metrischem Profil haben sie einen sehr viel besseren Wirkungsgrad und geringeren Verschleiß.

Durch die verschiedenen Rillen der Planetenrollen können PWGs kleine Gesamtsteigungen realisieren, ohne ein Rücksetzen der Planeten oder Kugeln. Hier verursachen übliche Spindeln beim Beschleunigen oft ein Rucken durch das Zurücksetzen des Wälzkörpers. Die alternativ mehrgängig ausgeführten Spindeln verhindern dies, können aber keine kleinen Steigungen verwirklichen, da die Rillen viel zu fein sind. Aber gerade die Möglichkeit Steigungen von nur 1 mm zu realisieren ist ein großer Pluspunkt der PWG. Dadurch lassen sich sehr hohe Kraftwandlungsraten trotz der kleinen Steigung und somit Wirkungsgrade bis zu 90 % erreichen. So benötigt ein Elektrozylinder mit einer „Asca“-Sevospindel kein Getriebe und selbst kleine, leichte Motoren erzeugen höchste Kräfte. Die Servospindel ist spielfrei und damit für dynamische Antriebe ebenso geeignet wie für schleichende Bewegungen. Die Dreh-Hubbewegungen lassen sich durch Variieren der Spindelsteigung weitgehend bestimmen. Andererseits sind hohe Hubgeschwindigkeiten mithilfe der Drehzahlfestigkeit und höheren Steigungen erreichbar. Die Servospindel ist selbst bei

kurzen Hübten den üblichen Kugel- und Rollengewindetrieben überlegen. Zusammengefasst bieten die Servospindeln hohe Verfahrgeschwindigkeiten, hohe Kraftwandlungsraten, hohen Wirkungsgrad, Standfestigkeit und Tragfähigkeit bei sehr kleiner Baugröße.

Zu den weiteren Pluspunkten der PWGs zählt ihre geringe Anzahl an Bauteilen. Und: Ortlieb achtet in besonderem Maß auf hohe Fertigungsqualität und fertigt deshalb auch alle PWG-Komponenten im Haus. All dies garantiert Präzision, Zuverlässigkeit und große Robustheit auch bei kleinen Steigungen. Zudem ist die PWG-Technologie sehr viel leiser, da sie auf eine Rollenrücksetzung verzichten kann. Und in Kombination mit einem Wegmesssystem können die Bewegungen vorne an der Kolbenstange gemessen, rotativ in translatorische Bewegungen umgerechnet und somit Fehler durch Soll-Ist-Vergleich ausgeschlossen werden.

„Gegenüber üblichen Gewindetrieben mit Trapez- oder metrischem Profil haben PWGs einen sehr viel besseren Wirkungsgrad und geringeren Verschleiß.“

Asca-Servospindel für Serienmotoren oder integrierte Lösungen

Ortlieb liefert in den Standardbau-reihen der Servospindel zehn Größen mit unterschiedlichen Steigungen. Auch die Form der Spindel ist variabel an verschiedene Befestigungsarten anpassbar. Spindel und Mutter können individuell gefertigt werden, um noch mehr Flexibilität zu ermöglichen. Auch spezifische Lösungen mit integriertem Motor selbst als Sonderlösung, wie eine Servospindel mit geschlossenem Muttergehäuse sind kein Problem. Hierfür wurde der Bereich „Customer Design“ gegründet. Er ist auf sehr individuelle Spindeltriebe für kleinste bis mittlere Fertigungsserien spezialisiert.

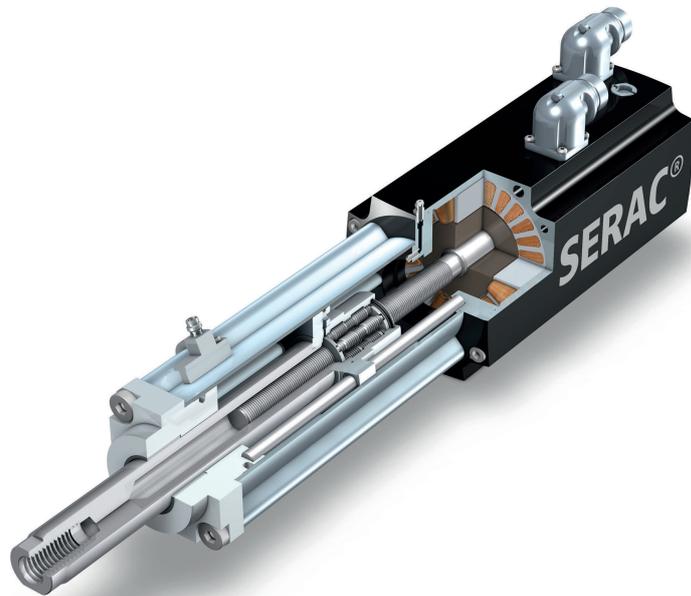


Bild 4 Elektrozyylinder „Serac LH“ – modularer Aufbau für unterschiedlichste Lösungen: Die Spindel-mutter wird direkt durch einen Hohlwellen-Torque-Motor angetrieben. (Bild: Ortlieb)

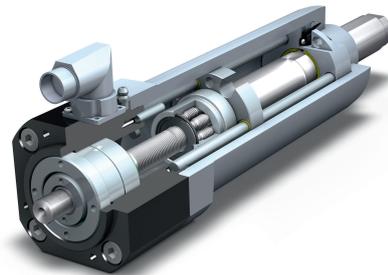


Bild 5 Der Technologieaufbau dieser Spindeleinheit mit integrierter Führung entspricht dem „Serac XH“-Elektrozyylinder, aber vorgesehen zum Anbau an beliebige Servomotoren. (Bild: Ortlieb)

Anwendungen für PWGs

PWGs sind überall dort im Einsatz, wo Drehbewegungen einfach und zuverlässig in Linearbewegungen umgesetzt werden sollen und kleine, zugleich starke Linearantriebe gefragt sind. PWGs sind beispielsweise kleiner und umweltfreundlicher als pneumatische und hydraulische Stellglieder. Dabei erreicht die Servospindel ein ebenso gutes Kraft/Volumen-Verhältnis wie hydraulische Systeme. Ortlieb hat durch die Technologievorteile der Asca-Servospindel mit dem „Serac“-Elektrozyylinder eine Komplettlösung, die in Serie gefertigt wird. Diese sehr kompakten Elektrozyylinder können sehr kurze Taktzeiten realisieren – und das ohne den Einsatz von Fluiden, beispielsweise in

Pressen oder beim Stanzen und Biegen. Hier sind hohe Geschwindigkeiten gefragt. Diese lassen sich durch hohe Steigungen der Servospindel erreichen. Ebenso sind aber auch langsame Bewegungen mit hohen Kräften und hoher Wiederholgenauigkeit möglich, wie sie in verschiedenen Pumpenanwendungen benötigt werden. Mit den Serac-Komplettlösungen sind alle Standards von 5 – 300 kN abgedeckt. Es sind zahlreiche Optionen wählbar – unter anderem Verdrehsicherung, Motor-Haltebremse, Linear-Messsysteme, Drehgeber, Schutzklasse IP67 und vieles mehr.

Zum Einsatz kommen PWGs auch in zahlreichen Automatisierungslösungen – z. B. in der Fertigung von Bauteilen für E-Mobilität, bei der Wanddickenregelung in Kunststoffblasmaschinen oder in intelligenten Industrie-4.0-fähigen Spannmitteln in Werkzeugmaschinen. ■

Dirk Laubengeiger
Geschäftsführer, Ortlieb
Präzisionssysteme

Kontakt:
Ortlieb Präzisionssysteme
GmbH & Co. KG
Jurastr. 11, 73119 Zell unter
Aichelberg
Tel.: 0 71 64 / 7 97 01-0
E-Mail: info@ortlieb.net
www.ortlieb.net

