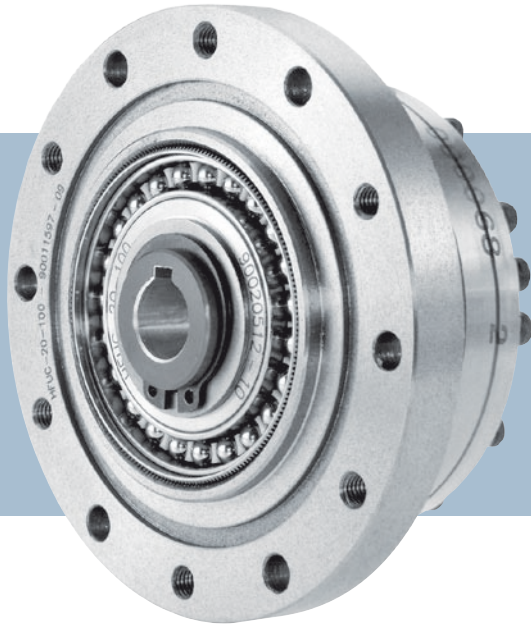


# Stillstand heißt Rückschritt

Verbesserte Präzisionsgetriebe für Anwendungen mit hohen Genauigkeitsanforderungen



Winfried Hahn

Ein Hersteller von Präzisionsgetrieben und Servoantrieben hat die Übertragungsgenauigkeit von Getrieben, die unter anderem in den A- und C-Achsen von Fräsköpfen zum Einsatz kommen, um 50% verbessert. Durch diese Innovation wird die Bearbeitungsgenauigkeit der mit diesen Getrieben ausgestatteten Fräsköpfe deutlich erhöht.

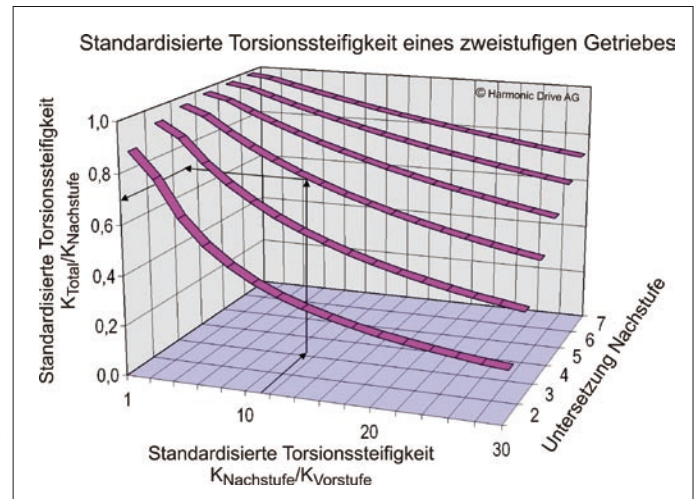
Harmonic Drive Einbausätze, Units und Servoantriebe kommen in diversen Ausführungen in 2-Achs-Fräsköpfen zum Einsatz. Die beschriebenen Fräsköpfe werden in Fräs-/Bearbeitungszentren herkömmlicher Bauart oder bei Parallelkinematik-Maschinen zur Bearbeitung von Stahl, Leichtmetall, Holz, Keramik, Glas und Kunststoff bis zirka 55 kW Spindelleistung verwendet. Entscheidend für den Einsatz der Harmonic Drive Produkte sind neben der Spielfreiheit und Präzision, der kompakten Bauweise und der optionalen Hohlwelle oft die Möglichkeiten zur individuellen Gestaltung der Antriebslösung.

Durch die kontinuierliche Verbesserung der Fertigungsgenauigkeit kann das Unternehmen nun Präzisionsgetriebe mit Übertragungsgenauigkeiten von <math><20 \text{ arcsec}</math> für ausgewählte Produkte liefern. Die Units der Baureihe HFUC-2UH (Bild 1) bestehen aus einem Präzisionsgetriebe mit integriertem Kreuzrollen-Abtriebslager. Eingesetzt werden diese Produkte z. B. in den A- und C-Achsen der Fräsköpfe bei Herstellern großer Bearbeitungszentren. Hier wird das Getriebe als Vorstufe eines verspannten, größeren Präzisions-Stirnradgetriebes eingesetzt, dessen Übersetzung typisch zwischen 3 und 6 liegt. Die Verspannung wird im Allgemeinen durch geteilte, vorge-

spannte Ritzel (bei mehrstufiger Anordnung haben diese Getriebe auch geteilte Räder) realisiert. Diese Anordnung hat im Wesentlichen zwei Vorteile: Erstens wird die Torsionssteifigkeit maßgeblich vom nachgeschalteten Stirnradsatz bestimmt, sodass ein vergleichsweise kleines Präzisionsgetriebe als Vorstufe ausreicht. Zweitens wird die am Abtrieb der nachgeschalteten Getriebestufe wirksame Übertragungsgenauigkeit im Wesentlichen durch den Quotienten aus der Übertragungsgenauigkeit des vorgeschalteten Getriebes und der Übersetzung des Nachgeleges bestimmt (Bild 2). Dadurch liegt die Übertragungsgenauigkeit der beschriebenen Getriebe-kombination bei einer sehr präzise gefertig-

ten Nachstufe mit der Übersetzung von 4 typisch bei  $<20/4=5 \text{ arcsec}</math> oder  $<\pm 2,5 \text{ arcsec}</math>. Mit dem beschriebenen Design werden Fräsköpfe bis 55 kW Spindelleistung (S1) mit einer vergleichsweise kleinen Unit (Außendurchmesser 160 mm, Baulänge von 73 mm) realisiert.$$

Die Dimensionierung einer solchen Getriebekombination ist immer ein Kompromiss zwischen Kompaktheit, Torsionssteifigkeit, Übertragungsgenauigkeit und maximaler Abtriebsdrehzahl der eingesetzten Getriebe. Der Maschinenhersteller wird mit Blick auf die Dynamik der Maschine eine Nachstufe mit möglichst kleiner Übersetzung bevorzugen, was sich jedoch tendenziell negativ auf die Torsionssteifigkeit der



2: Einfluss der Steifigkeit von zwei hintereinander geschalteten Getriebestufen auf die Gesamtsteifigkeit des Getriebes

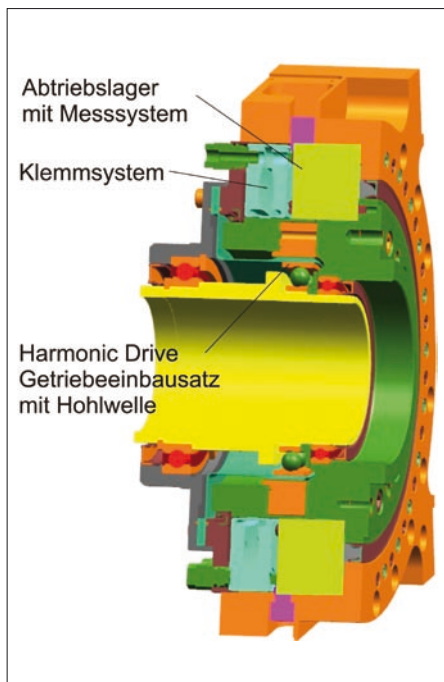
Winfried Hahn arbeitet im Bereich Entwicklung Mechanik bei der Harmonic Drive AG

Getriebekombination auswirkt. Das normierte Diagramm in Bild 2 zeigt anschaulich die Zusammenhänge. Ist die Torsionssteifigkeit des nachgeschalteten Getriebes z. B. 10 Mal höher als die Torsionssteifigkeit der Vorstufe, ergibt sich bei einer Nachstufen-Übersetzung von 4 eine Torsionssteifigkeit der gesamten Getriebekombination von 70% der Torsionssteifigkeit der Nachstufe.

In weiteren Anwendungen werden spezielle Units als A- und C-Achse von Fräsköpfen eingesetzt, meist ohne nachgeschaltete Stirnradstufe. Ein Beispiel zeigt Bild 3. Diese Unit kommt bei der Firma EiMa aus Frickenhausen in den Fräsköpfen der Bearbeitungszentren zum Einsatz (Bild 4). Die Unit verfügt bei einem Außendurchmesser von 300 mm über eine 90 mm-Hohlwelle, ein sehr kurz bauendes Klemmsystem und ein sehr kippsteifes und genaues Abtriebslager, auf Wunsch mit integriertem Messsystem. Die Länge dieser Unit beträgt nur 170 mm. Für höchste Laufgenauigkeit wird der Abtriebsflansch nach der Montage überschleift. Die Übertragungsgenauigkeit liegt typisch bei  $\pm 10$  arcsec.

### Einsatz auch in Parallel-Kinematik-Maschinen

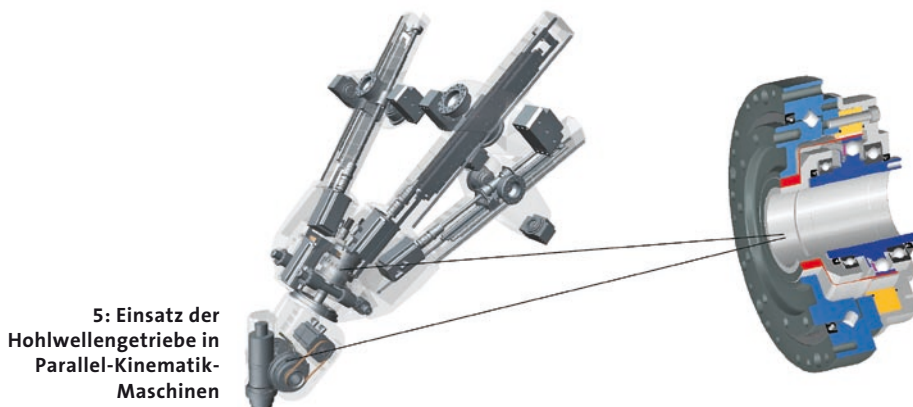
Auch in den Fräsköpfen so genannter Parallel-Kinematik-Maschinen (PKM) werden Harmonic Drive Getriebe eingesetzt (Bild 5). Im Vergleich zum bekannten Tripod-Konzept mit Zentralrohr werden bei den PKM des Schwedischen Herstellers Exechon ein Gelenk und acht Freiheitsgrade eingespart. Dies wird durch den Verzicht auf das Zentralrohr bei gleichzeitigem Einsatz von drei pyramidenartig angeordneten Streben mit sehr steifen Gelenken, die nur noch einen Freiheitsgrad haben, erreicht. Dadurch werden die auf die neue PKM wirkenden Kräfte auf direkterem Weg als bei bisherigen Tripods in das Maschinengestell geleitet, was einen deutlichen Gewinn an Systemsteifigkeit bringt. Diese Änderungen im Konzept wirken sich positiv auf die Dynamik, Steifigkeit und Systemgenauigkeit aus. Im Rahmen der Neuent-



3: Aufbau des Hohlwellengetriebes im Fräskopf



4: Mit einem Harmonic Drive Getriebe ausgerüsteter Fräskopf



5: Einsatz der Hohlwellengetriebe in Parallel-Kinematik-Maschinen

wicklung der PKM wurde auch der Fräskopf dieser Maschine überarbeitet. Ziel war auch hier die Optimierung bezüglich Genauigkeit und Steifigkeit. Einen wesentlichen Einfluss auf diese Daten haben die im Fräskopf eingesetzten Getriebe. Das Ergebnis ist ein völlig neues Design, das insbesondere die Anforderungen an die Abstützung der Torsions- und Biegekräfte in idealer Weise berücksichtigt. Zum Einsatz kommen Hohlwellen-Units der Baureihe CPU-H.

Ausschlaggebend für den Einsatz dieser Units ist neben den bekannten Getriebeeigenschaften (absolut spielfrei, hohe Torsionssteifigkeit) die bei dieser Getriebebaureihe nochmals verbesserte Übertragungsgenauigkeit und die hervorragende Koaxialität und Parallelität zwischen Montage- und Abtriebsflansch, weil man dadurch das bei dieser Anwendung (unabhängig vom Getriebetyp und -Hersteller) bisher obligatorische, nachträgliche Überschleifen des Abtriebsflansches einsparen kann. Zusätz-

lich hat der große Hohlwellendurchmesser dieses Getriebetyps den Vorteil, dass alle Versorgungs- und Sensorkabel der im Fräskopf eingebauten Motoren und Encoder jeweils zentrisch durch die Getriebe geführt werden können.

Harmonic Drive Units der Baureihe CPU weisen eine sehr hohe Laufgenauigkeit zwischen Gehäuse und Abtriebsflansch auf, weil der Außenring des Abtriebsflanschlagers gleichzeitig als Getriebegehäuse dient. Bei der Entwicklung dieser Baureihe wurde großer Wert auf maximale Kippsteifigkeit des Abtriebslagers gelegt. Dementsprechend wurden die Abtriebslager relativ groß dimensioniert. Bei der Anwendung im PKM-Fräskopf unterstützt die verbesserte Kippsteifigkeit des CPU-Abtriebslagers das Bestreben des Maschinenherstellers nach maximaler Systemsteifigkeit.

**HARMONIC DRIVE 29538720**  
[www.vfv1.de/29538720](http://www.vfv1.de/29538720)