

Spielfreie Mikrogetriebe und Antriebe für präzise Positionieranwendungen

R. Degen, R. Slatter, Micromotion GmbH, Mainz

1 Kurzdarstellung

Der Trend zur Miniaturisierung ist nicht zu übersehen. Für die Herstellung und Prüfung von immer kleiner werdenden Werkstücken werden auch zunehmend kleinere Antriebe benötigt. Auch wenn schon Mikrogetriebe entwickelt wurden, haben bisherige Lösungen verschiedene Nachteile. Hauptsächlich aufgrund der Spielbehaftung sind die bisherigen Lösungen für präzise Positionieranwendungen, wie sie häufig in Präzisionsmaschinen gefordert werden, nicht geeignet.

Das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe ist ein spielfreies, hochuntersetzendes Getriebe, welches gezielt für präzise Positionieranwendungen entwickelt wurde. In nur einer Getriebestufe bei einem Außendurchmesser von weniger als 10 mm werden Untersetzungen zwischen 160:1 und 1000:1 erreicht. Eine einmalige Eigenschaft ist die Spielfreiheit, welche eine Wiederholgenauigkeit im Winkelsekundenbereich ermöglicht.

Dieses Getriebe wird hergestellt nach einem von dem LIGA-Verfahren abgewandelten Prozess, namens Direct-LIGA. In den zwei Jahren seit der ursprünglichen Entwicklung hat dieses Produkt den Sprung aus dem Labor in praktische industrielle Anwendungen geschafft und findet weltweiten Einsatz in Maschinen der Halbleiterfertigung, Medizintechnik und optischen Geräten.

2 Einleitung

Mikrogetriebe stellen ein Schlüsselement in Mikroantriebssystemen dar. Nur durch den Einsatz geeigneter Mikrogetriebe wird der Einsatz bereits existierender Mikromotoren, die mit Drehzahlen bis zu 100.000 min^{-1} und bei Abtriebsdrehmomenten von einigen μNm [1] arbeiten, in einem breiten Feld unterschiedlicher Anwendungen ermöglicht. Um Zugang zu neuen innovativen Anwendungsfeldern im Bereich der Mikroantriebstechnik zu erhalten, hat die Micromotion GmbH eine neue Generation von hoch präzisen und spielfreien Mikrogetrieben entwickelt: das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe (siehe **Bild 1**).



Bild 1: Hoch präzises Mikrogetriebe basierend auf dem Funktionsprinzip des Harmonic Drive[®]

3 Das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe

3.1 Das Funktionsprinzip

Bis jetzt gibt es noch keine Mikrogetriebe, die für präzise Positionieraufgaben geeignet sind. Hierfür geeignete Mikrogetriebe dürfen nicht nur extrem klein bauen, zusätzlich müssen derartige Getriebe die folgenden Eigenschaften besitzen:

- Eine hohe Wiederholgenauigkeit,
- Spielfreiheit,
- Eine hohe Übersetzung und
- Eine geringe Teileanzahl.

Die Lösung hierfür stellt das Funktionsprinzip der Harmonic Drive[®] dar. Diese besondere Art von Getriebesystem hebt bei seinen Übertragungseigenschaften sich gegenüber anderen Getriebeprinzipien, wie z.B. Stirnradstandgetrieben (siehe **Bild 2.a**) oder Planetengetrieben (siehe **Bild 2.b**), durch seine hohe Präzision und Spielfreiheit ab.

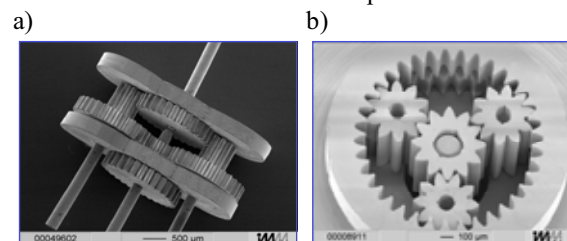


Bild 2: a) Mikrostrirradstandgetriebe mit Leistungsverzweigung, b) Mikroplanetengetriebe

Seine außergewöhnlichen Eigenschaften haben sich schon seit vielen Jahren in den Bereichen

Industrieroboter, Werkzeugmaschinen, Messmaschinen, Luft- und Raumfahrt und Medizintechnik bewährt [2]. Ein Mikrogetriebe basierend auf dem Funktionsprinzip eines Harmonic Drive[®] bietet folgende, besonders für Mikrogetriebe wichtige Eigenschaften:

- Spielfreiheit bei miniaturisierter Baugröße
- Exzellente Wiederholgenauigkeit
- Hohe Drehmomentkapazität
- Nur sechs Komponenten und dadurch eine hohe Zuverlässigkeit
- Hoher Wirkungsgrad
- Extrem flaches Design
- Geringes Eigengewicht
- Geringes Massenträgheitsmoment
- Kompakte Außenabmessungen
- Hohe Übersetzungsverhältnisse in nur einer Stufe, die besonders für die hochdrehenden Mikromotoren benötigt werden.

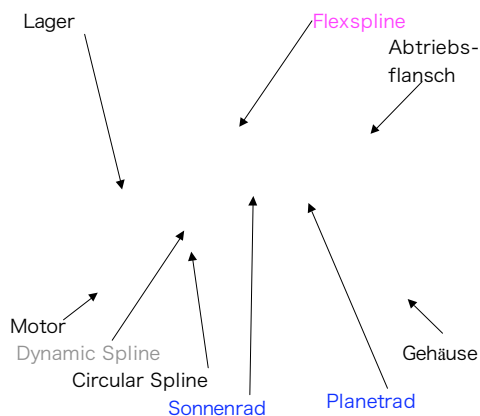


Bild 3: Die Lösung ist das Micro Harmonic Drive[®]

Die Basiselemente dieses mikrotechnisch hergestellten Harmonic Drive[®] Getriebes (siehe **Bild 3**) sind der Wave Generator bestehend aus zwei Planetenrädern und einem Sonnenrad und die drei Zahnräder:

- Flexspline,
- Circular Spline und
- Dynamic Spline.

Der Wave Generator verformt den elastisch biegsamen Flexspline elliptisch über die Hauptachse. Dadurch haben die Zähne der Außenverzahnung des Flexspline gleichzeitig Zahneingriff mit den beiden Hohlrädern – Circular Spline und Dynamic Spline – in zwei sich gegenüber liegenden Bereichen der großen elliptischen Achse. In den Bereichen der kleinen Achse des elliptisch deformierten Flexspline existiert kein Zahneingriff zwischen dem Flexspline und den Holrädern (siehe **Bild 4**).

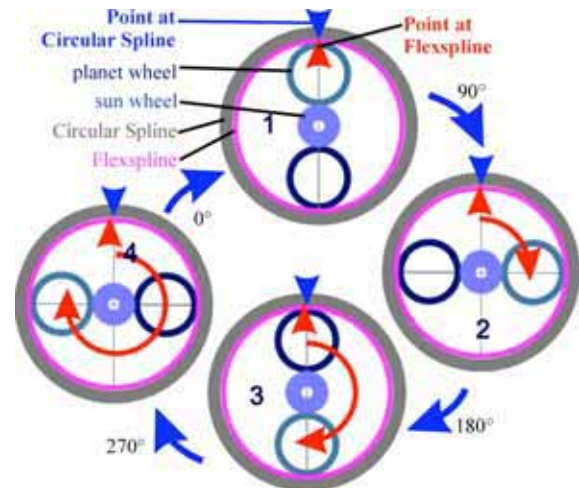


Bild 4: Funktionsprinzip des Micro Harmonic Drive[®] Getriebes

Wenn das Sonnenrad des Wave Generators gedreht wird, wandern die Zahneingriffsbereiche des Flexspline mit der Winkelstellung der Planetenräder des Wave Generators. Da es eine kleine Zähnezahldifferenz zwischen der Zähnezahl des Flexspline und des Circular Spline gibt (der letztere besitzt zwei Zähne mehr), resultiert dies in einer Relativbewegung zwischen diesen Zahnrädern. Nach einer kompletten Umdrehung der Planetenräder des Wave Generators bewegt sich der Flexspline relativ zum Circular Spline um einen Winkel der zwei Zähne entspricht. Der Dynamic Spline wird bei der verwendeten Flachbauweise dieses Getriebetyps als Abtriebs-element verwendet und besitzt dieselbe Zähnezahl und damit auch Drehzahl und Drehrichtung wie der Flexspline.

Im Hinblick auf den angestrebten Grad der Miniaturisierung dieses Mikrogetriebes besitzt die Verwendung einer Planetengetriebevorstufe als Wave Generator folgende Vorteile:

- Alle Zahnradkomponenten können mittels der hochpräzisen LIGA-Technik hergestellt werden,
- Der Montageaufwand kann minimiert werden, da der Wave Generator aus nur drei Komponenten besteht,
- Die Gesamtübersetzung wird durch die Planetenvorstufe vergrößert. Dieser Aufbau kann daher sehr flexibel die sehr hohen Drehzahlen von Mikromotoren in nur einer Stufe an die gegebenen Anforderungen aus der Anwendung anpassen.
- Diese Variante des Wave Generators besitzt nur ein geringes Massenträgheitsmoment und ermöglicht daher hoch dynamische Positioniergänge.

Durch den Einsatz der Planetenvorstufe als Wave Generator wird es ermöglicht die Gesamtübersetzung dieses Mikrogetriebes in einem großen Bereich zu variieren. Für diese Getriebebaugröße können Übersetzungsverhältnisse von 160:1 bis zu 1000:1 in einer einzigen Stufe realisiert werden.

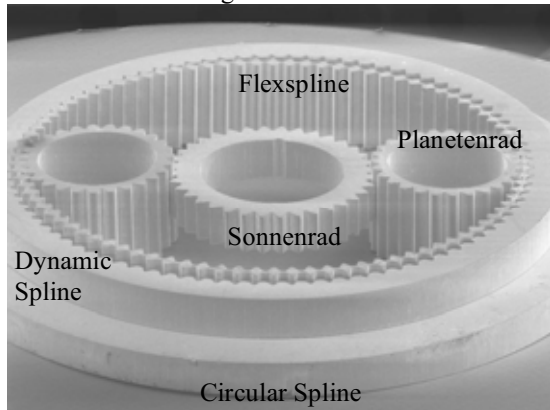


Bild 5: Komponenten des Micro Harmonic Drive® Getriebes

Ohne den Aufbau der antriebs- und abtriebsseitigen Lagerung betragen die Außenabmessungen dieses Mikrogetriebes in axialer Richtung 1 mm und im Durchmesser 8 mm (siehe **Bild 5**).

Um die benötigte hohe Übersetzung und gleichzeitig die geringen Außenabmessungen realisieren zu können muss ein Verzahnungsmodul von $34 \mu\text{m}$ verwendet werden. Die einzelnen Zahnräder dieses Mikrogetriebes werden durch Galvanotechnik hergestellt und bestehen aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Aufgrund der hohen Zugfestigkeit von 1.800 N/mm^2 , dem niedrigen Elastizitätsmodul von 165.000 N/mm^2 und seiner guten Dauerschwingfestigkeitseigenschaften [3] besitzt diese galvanisch abgeschiedene Legierung die notwendigen Eigenschaften für eine einwandfreie Funktion der flexibel arbeitenden Zahnräder dieses Mikrogetriebes.

3.2 Flexible Zahnräder

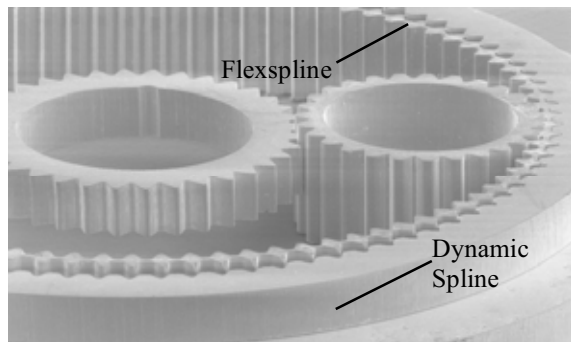


Bild 6: Innen- und Außenverzahnung des Flexsplines

Der Flexspline repräsentiert das herausforderndste Bauteil dieses Mikrogetriebes (siehe **Bild 6**). Im

Gegensatz zu konventionellen Getriebesystemen basierend auf dem Harmonic Drive® - Funktionsprinzip, benötigt der Flexspline der mikrotechnisch hergestellten Variante dieses Getriebeprinzips zusätzlich zu seiner äußerst geringen Ringdicke gleichzeitig eine Außen- und Innenverzahnung. Diese beidseitige Verzahnung ist notwendig, da als Wave Generator eine Planetengetriebevorstufe verwendet wird. Zur Erzielung eines störungsfreien Betriebs muss der Flexspline ein gleichförmiges Verformungsverhalten aufweisen. Diese Eigenschaft wird erzielt, indem dieselbe Zahnzahl für die Außen- und Innenverzahnung verwendet wird. Die Herstellung der doppelten Verzahnung und der aufgrund der Deflektion des Flexsplines für eine geringe Biegespannung notwendigen dünnen Ringdicke wird ermöglicht durch die Verwendung der LIGA-Technik [4]. Aufgrund dieser Technik ist es möglich eine Ringdicke im Zahnfuß von nur $26 \mu\text{m}$ bei einer Zahnbreite von $1000 \mu\text{m}$ zu realisieren.

Eine weitere Komponente, die wesentlich zum spielfreien und präzisen Betriebsverhalten dieses Mikrogetriebes beiträgt stellen die flexiblen Planetenräder des Wave Generators dar. Beide Planetenräder besitzen die erstrangige Aufgabe die exakte Deflektion des Flexsplines zu erzeugen. Zusätzlich müssen die Planetenräder Herstellungsfehler und Verschleiß des Getriebes kompensieren. Diese fehlerkompensierende Eigenschaft wird durch ihre Gestaltung als Federelemente ermöglicht. Hierzu werden die in radialer Richtung wirkenden Federeigenschaften einer dünnwandigen Röhre benutzt. Das Planetenrad ist als ein dünner Ring konstruiert, der bei genug Flexibilität zur Kompensierung von Fehlern gleichzeitig eine hohe Steifigkeit bereitstellt. Durch die Planetenräder wird der Flexspline gleichzeitig in Zahneingriff mit dem Circular Spline und dem Dynamic Spline gepresst. Somit können durch den Federweg Fehler in den Zahneingriffsbereichen kompensiert werden (siehe **Bild 7**).

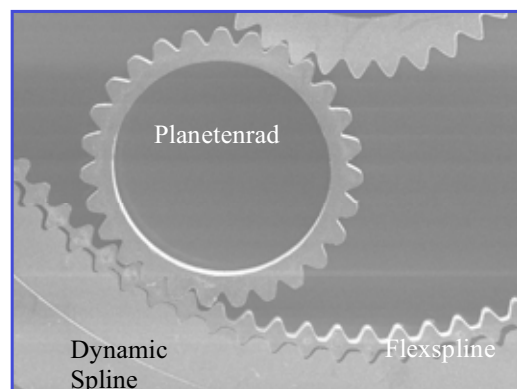


Bild 7: Spielfreiheit durch federnde Planetenräder

Als Ergebnis werden sowohl die Außen- und Innenverzahnung mit der Vorder- und Rückseite der kämmenden Zahnräder in Kontakt gebracht. Die durch die federnden Planetenräder in diesem Getriebesystem erzeugte Vorspannung bildet die Grundlage für sein spielfreies Übertragungsverhalten und die hohe Positioniergenauigkeit des Micro Harmonic Drive® Getriebes.

4 Neue Entwicklungen: eine Hohlwellenversion und eine Baureihe der Mikrogetriebeboxen

Aufgrund seiner speziellen Konstruktion bietet das Micro Harmonic Drive® Getriebe nicht nur die Möglichkeit spielfrei eine sehr hohe Übersetzung zu erzeugen. Eine weitere wichtige Eigenschaft für Systeme, die im Hinblick auf ihre Außenabmessungen optimiert sein sollen, stellt die Möglichkeit dar eine Hohlwelle zu realisieren. Dies bedeutet, dass eine Hohlwelle gerade durch das Getriebesystem geführt werden kann, die entlang der zentralen rotierenden Achse verläuft. Diese Möglichkeit einer Hohlwelle, die durch das Sonnenrad hindurchgeht (siehe **Bild 8**), hat für ein weites Feld von unterschiedlichen Funktionen Bedeutung.

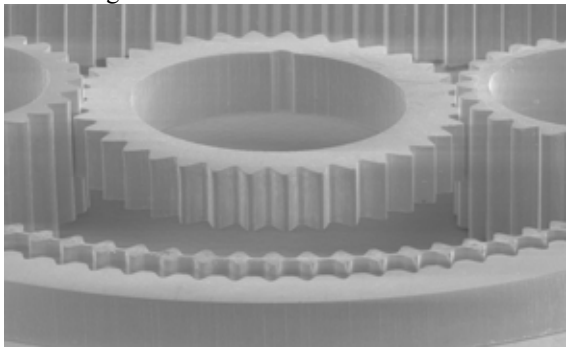


Fig. 8: Die zentrale Bohrung im Sonnenrad ermöglicht eine Hohlwelle

Besonders im Bereich von Baugruppen, die im Hinblick auf ihre Außenabmessungen optimiert sein sollen, eröffnet die Möglichkeit einer Hohlwelle bedeutende Möglichkeiten die Außenabmessungen des gesamten Systems zu reduzieren. Unterschiedliche Arten von Signalen oder Medien, die für die Anwendung benötigt werden, können durch die Hohlwelle geleitet werden. Die Hohlwelle kann z.B. für Sensoren oder Glasfaserleitungen verwendet werden. Zusätzlich kann Vakuum oder Überdruck durch die Hohlwelle zur Getriebeabtriebsseite transportiert werden.

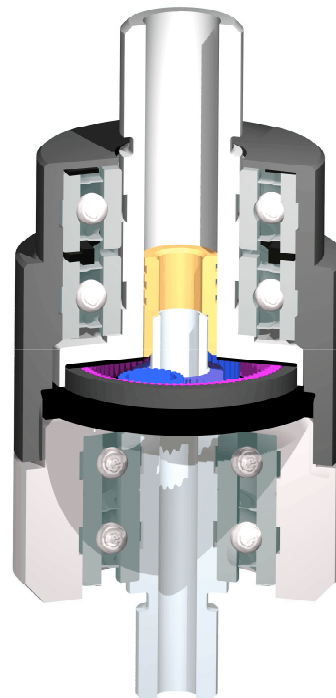


Bild 9: Die neue Mikrogetriebebox MHD 10-160-SP mit Hohlwelle

In **Bild 9** ist der Schnitt durch eine Mikrogetriebebox MHD 10-160-SP mit Hohlwelle dargestellt. Diese Mikrogetriebebox beinhaltet eine O-verspannte Lagerung für die An- und Abtriebsseite. Eine Hohlwelle mit einem Innendurchmesser von 1 mm führt durch die gesamte Getriebebox. Eine weitere neue Entwicklung stellt die Baureihe der MHD Mikrogetriebe dar: MHD 8 und MHD 10. Die MHD 10 Baureihe verwendet die existierende Zahnradgröße mit einem Außendurchmesser von 8 mm. Die MHD 10 Baugröße besitzt einen Gehäusedurchmesser von 10 mm und einem Zentrierbund von 9 mm, der gleichzeitig auch zur axialen Positionierung der Einbaulage dient. Die MHD 10 Baureihe kann mit den Übersetzungen 160, 500 und 1000 ausgestattet werden und sowohl mit als auch ohne Hohlwelle aufgebaut werden. (siehe **Bild 10**).

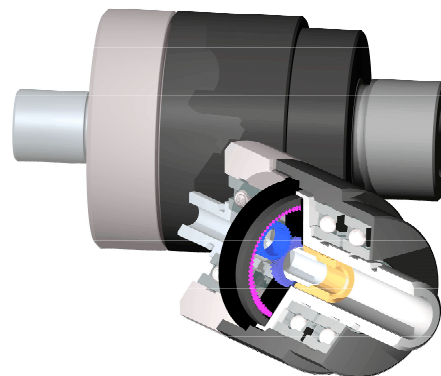


Bild 10: Die Mikrogetriebebox-Baureihe: MHD 10 und MHD 8 dargestellt als Hohlwellenausführung

Die MHD 8 Baureihe besitzt ein neu entwickelten und weiter miniaturisierten Zahnradsatz mit einem Außendurchmesser von 6 mm.

Die MHD 8 Baugröße besitzt einen Gehäusedurchmesser von 8 mm und einem Zentrierbund von 7 mm. Die Übersetzungen 160 und 500 sind für diese Baugröße erhältlich (siehe **Bild 10**). Beide Baugrößen sind als Getriebebox mit An- und Abtriebswelle oder direkt verbunden mit unterschiedlichen Typen gegenwärtig verfügbarer Mikromotoren erhältlich.

5 Experimentelle Untersuchungen

Das äußerst geringe Verlustdrehmoment dieses spielfreien Getriebesystems basiert auf der exakten Dimensionierung der Zahnräder und der hohen Präzision, die durch den Einsatz der LIGA-Technik bei der Herstellung erreicht wird. Trotz der Vorspannung des Wave Generators, die zur Realisierung eines spielfreien Getriebesystems notwendig ist, beträgt das maximal gemessene antriebsseitige Verlustmoment nur 16 μNm (siehe **Bild 11**).

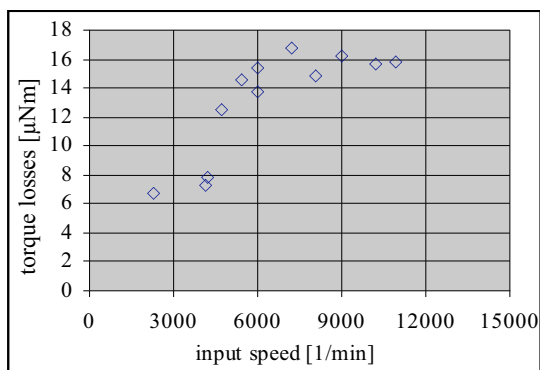


Bild 11: Zusammenhang zwischen

Eingangsdrehzahl und Verlustdrehmoment

Der gemessene maximale Wert für den Wirkungsgrad für das Micro Harmonic Drive® Getriebe beträgt bis zu 40 % bei einer Übersetzung von 500 (siehe **Bild 12**).

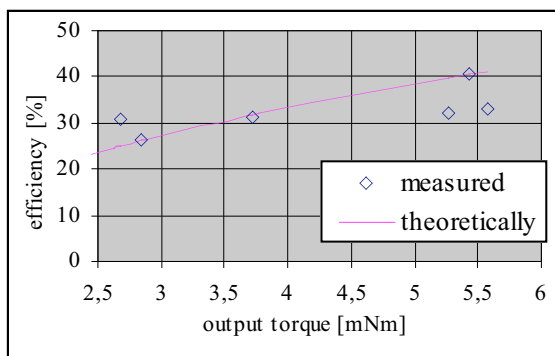


Bild 12: Zusammenhang zwischen Abgabemoment und Wirkungsgrad

Die in Bild 12 dargestellten Messergebnisse zeigen den stetigen Anstieg des Wirkungsgrades bei zunehmendem Abtriebsdrehmoment. Aufgrund dem monoton ansteigendem Verlauf der theoretischen Kennlinie, kann ein weiterer Anstieg des Wirkungsgrades hin zu höheren Drehmomenten erwartet werden.

Zusätzlich zu seinem geringen Verlustdrehmoment und dem hohen Wirkungsgrad zeichnet sich dieses Mikrogetriebe besonders durch seine exzellenten Übertragungsqualitäten im Vergleich zu anderen Getriebesystemen aus. Die Wiederholgenauigkeit, Lost Motion, und Hysterese sind geeignete Kriterien die Qualität eines spielfreien Getriebes, welches als Positionierantriebssystemen arbeitet, zu beschreiben. Die Hysterese beschreibt die Auswirkungen einer wechselnden Abtriebslast auf die Winkelstellung der Abtriebswelle des Getriebes und gleichzeitig seine Torsionssteifigkeit. Der Wert der Lost Motion beschreibt den Winkelfehler, der sich bei Positionierbewegungen aus gegensätzlicher Richtung ergibt.

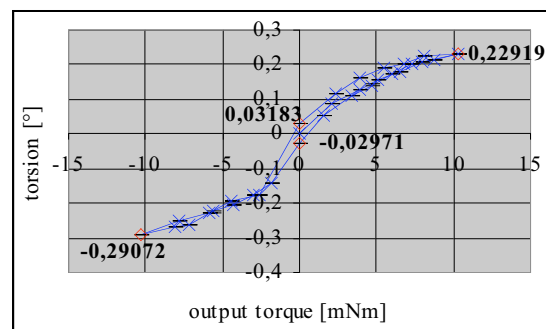


Bild 13: Hysterese des Micro Harmonic Drive®

Table 1: Technische Daten des Getriebes

Abmessungen:	Durchmesser:	6 and 8 mm
	Axiale Länge:	1 mm
Übersetzung:		160
		500
		1000
Modul:		34 μm
Material:		Nickel-iron
Wirkungsgrad:		40 %
Abtriebsmoment:		50 mNm*
Verlustmoment:		16 μNm
Wiederholgenauigkeit:		$\pm 10''$
Lost Motion:		$10''$
Hystereseverlust:		0,1°
Verdrehsteifigkeit:		2,6 $\frac{\text{Nm}}{\text{rad}}$

*für Getriebe mit 8mm Durchmesser

Der hohe Wirkungsgrad und das präzise Übertragungsverhalten dieses spielfreien Mikrogetriebes

wird durch den engen Verlauf der Hysteresekurve und den geringen resultierenden Hystereseverlusten von weniger als $0,1^\circ$ deutlich veranschaulicht (siehe **Bild 13**). Die wichtigsten Daten und Messwerte des realisierten Micro Harmonic Drive[®] Getriebes sind in der **Tabelle 1** aufgelistet.

Aufgrund seiner Eigenschaften, besonders durch seine hohe Wiederholgenauigkeit und seiner Lost Motion kleiner als 10 Winkelsekunden, ist dieses Mikrogetriebe hervorragend für hochpräzise Positionieranwendungen geeignet. Die Micromotion GmbH mit Sitz in Mainz hat sich auf die Entwicklung und Herstellung von Mikrogetrieben und Mikropositioniersystemen mit dem Micro Harmonic Drive[®] Getriebe fokussiert.

6 Mikroantriebssysteme

6.1 Ultra flacher Getriebemotor

Das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe kann mit allen gegenwärtig erhältlichen Mikromotoren kombiniert werden, z.B. Schrittmotoren, AC oder DC Motoren und Scheibenläufermotoren. Die Kombination des Micro Harmonic Drive[®] Getriebes mit dem Penny-Motor der Fa. mymotors repräsentiert eine leistungsstarkes und extrem kompaktes Mikroantriebssystem (siehe **Bild 14**). Dieser Scheibenläufermotor der Fa. mymotors zeichnet sich durch seinen geringen Außendurchmesser von 12,8 mm und besonders seine extrem flache Bauhöhe von 1,4 mm aus. Durch die Kombination dieses ultra flachen Mikrogetriebes und dieses Scheibenläufermotors wird ein Mikroantriebssystem mit nur 4,3mm axialer Länge und 13,4 mm Durchmesser ermöglicht.



Bild 14: Ultra flaches Mikroantriebssystem: 13 mm Durchmesser und 4,3 mm axiale Länge

6.2 Der welt kleinste spielfreie Servoantrieb

Eine weitere Innovation repräsentiert der welt kleinste spielfreie Servoantrieb. Diese Entwicklung ist das Ergebnis einer engen Kooperation zwischen dem Getriebehersteller Micromotion GmbH und dem führenden Motorhersteller Maxon Motor AG. Das Hauptaugenmerk bei dieser gemeinsamen Entwicklung liegt darauf, einen zuverlässigen und robusten Antrieb für präzise industrielle Positionieraufgaben anbieten zu können. Der Servoantrieb besteht aus einem Maxon EC06 Motor, einem MR-Encoder und der MHD 8-160-SP Mikrogetriebebox mit Hohlwelle (siehe **Bild 15**).

Bild 15: Weltkleinster spielfreier Servoantrieb

Der Maxon EC06 ist ein EC-Motor mit nur 6mm Außendurchmesser und integrierten Hall-Sensoren zur Kommutierung. Der Motor erreicht eine maximale Drehzahl von 100.000 min^{-1} . Der maximale kontinuierliche Strom beträgt 500mA und sein maximales kontinuierliches Drehmoment $0,26 \text{ mNm}$. In Bild 16 sieht man einen Größenvergleich des kompletten Servoantriebs mit einem standard Glasfaserstecker für Single Mode Fasern.



Bild 16: Vergleich zwischen Servoantrieb und Glasfaserstecker

7 Anwendungen für Mikroantriebssysteme

Zusätzlich zu ihren geringen Abmessungen bieten Mikroantriebssysteme bestehend aus dem Micro Harmonic Drive[®] Getriebe neue Vorteile aufgrund

ihrer geringen Eigenmasse, ihrer geringen Massen-trägheitsmomente und dem geringen Energie-verbrauch die kombiniert werden durch eine ex-zellente Positioniergenauigkeit und hoher Dynamik. Die präzisen Mikrogetriebe und Mikroantriebs-systeme von Micromotion sind eine Schlüssel-technologie für eine neue Generation von miniaturisierten Geräten in einem großen Bereich von Anwendungsgebiet. Das Micro Harmonic Drive® Getriebe eignet sich ideal für präzise Positionieranwendungen in den folgenden Bereichen:

- Ausrichten von Linsen und Spiegeln in der Optik
- Medizintechnik
- Mikrorobotik
- Lasertechnik
- Biotechnologie
- Messmaschinen
- Luft- und Raumfahrt
- Halbleiterfertigung

Der Halbleiterfertigungsprozess kann in einem „front end“-Prozess, bestehend aus der photo-lithographischen Verarbeitung des Silizium-Wafers, und einem „backend“-Prozess, der bei dem Sägen des Wafers in einzelnen Chips anfängt und mit den fertig verpackten Elektronikbauteilen aufhört, unterteilt werden. Dabei werden sogenannte „die attach“-Maschinen, beispielsweise von Alphasem AG (siehe **Bild 17**), in der Montagephase des „back end“-Prozesses verwendet.



Bild 17: „die attach“-Maschine von Alphasem AG

Die Maschine montiert und verbindet die Halbleiter-Chips in ihren schützenden Ver-packungen. Dabei müssen die Chips mit Maßen von nicht mehr als $0,25 \times 0,25 \text{ mm}^2$ präzise ausgerichtet und positioniert werden. Die Maschine Easyline 8032 verfügt über ein neuartiges „rotary bond tool“ (siehe **Bild 18**), um die Chips mit extrem hoher Genauigkeit in beliebige Winkelstellungen zu positionieren. Herzstück dieser Baugruppe ist eine Micro Harmonic Drive-Getriebebox in einer kundenspezifischen Ausführung. Das Getriebe wird durch einen Mikro-Schrittmotor angetrieben, der über eine Stirnradstufe das Mikrogetriebe antreibt. Die Getriebebox ist mit einer Hohlwelle ausgeführt, um eine Vakuumzufuhr durch das Getriebe zu ermöglichen. Die Hohlwelle erlaubt auch die Verwendung eines optischen Sensors, um sicher-zustellen, dass der Chip erfolgreich gegriffen wurde. Die Abtriebswelle wird mit vorgespannten Kugellagern gestützt, um eine ausreichende Führungsgenauigkeit zu gewährleisten. Mit dieser Baugruppe, die komplett bei Micromotion montiert und geprüft wird, können die Chips mikro-metergenau und mit hoher Geschwindigkeit positioniert werden. Während der Entwicklungs-phase des „rotary bond tool“ wurden ausführliche Dauertests durchgeführt, um die Zuverlässigkeit der Baugruppe zu prüfen. Dabei wurden „ohne merklichen Unterschied in der Positionierge-nauigkeit“ mehr als 18 Millionen Zyklen gefahren.

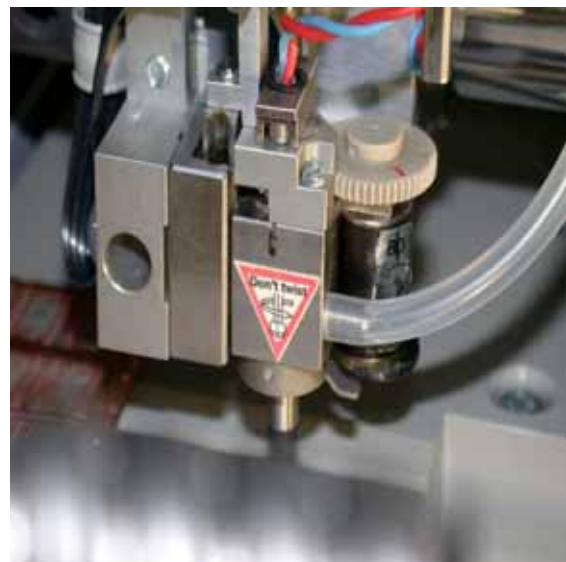


Bild 18: Die „rotary bond tool“-Baugruppe positioniert hochpräzise mit dem Micro Harmonic Drive-Getriebe Dies (Quelle: Alphasem AG)

8 Zusammenfassung

Neue Positionieranwendungen in der Medizintechnik, Optik, Mikrorobotik und Halbleiterfertigung benötigen neue Antriebssysteme und Getriebe mit extrem geringen Abmessungen. Zusätzlich zu der geringen Größe benötigen diese neuen Anwendungen eine hohe Positioniergenauigkeit und präzises Steuerungsverhalten. Diese Anforderungen können nicht erreicht werden indem existierende Lösungen von Mikrogetrieben verwendet werden. Das bevorzugte Funktionsprinzip von existierenden Lösungen ist das Planetengetriebe. Dieses Getriebeprinzip benötigt mehrere Stufen und damit eine große Anzahl an Einzelbauteilen. Der größte Nachteil von erhältlichen Produkten ist ihr Spiel von mehreren Grad. Dadurch ist mit den existierenden Lösungen keine hohe Positioniergenauigkeit erzielbar.

Das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe setzt neue Standards. Dieses Getriebesystem kombiniert die Vorteile eines kompakten Aufbaus, einer hohen Leistungsdichte und exzellenten Positioniereigenschaften. Dies alles wird erreicht durch den Einsatz von nur sechs Komponenten. Die Konsequenzen sind: das Micro Harmonic Drive[®] Getriebe ist präziser, kleiner, einfacher und damit zuverlässiger als existierende Lösungen.

Micromotion GmbH mit Sitz in Mainz entwickelt und produziert das weltkleinste spielfreie Mikrogetriebe, das Micro Harmonic Drive[®].

9 Literatur

- [1] C. Thürigen, W. Ehrfeld, B. Hagemann, H. Lehr, F. Michel: Development, fabrication and testing of a multi-stage micro gear system. Proc. Of Tribology issues and opportunities in MEMS, pp. 397-402, Columbus (OH), November 1997, Kluwer Academic Publishers, 1998
- [2] R. Slatter: Weiterentwicklung eines Präzisionsgetriebes für die Robotik, Antriebstechnik, 2000
- [3] S. Abel: Charakterisierung von Materialien zur Fertigung elektromagnetischer Mikroaktoren in LIGA Technik, Diss. Universität Kaiserslautern, 1996
- [4] W. Ehrfeld, H. Lehr: Deep X-ray Lithography for the Production of three-dimensional Microstructures from Metals, Polymers and Ceramics, Radiat. Phys. and Chemistry 45 (1995) Nr. 3, 349-365

- [5] S. Kleen, W. Ehrfeld, F. Michel, M. Nienhaus, H.-D. Stölting: Ultraflache Motoren im Pfennigformat, F&M, Jahrg. 108, Heft 4, Carl Hanser Verlag, München, 2000

Harmonic Drive[®] is a registered trademark of Harmonic Drive AG, Limburg, Germany, and is used with permission.