

# Mikroantriebe in der Praxis

**Mikroantriebssysteme, bestehend aus Getriebebox und Mikro-Schrittmotor, werden in Serienanwendungen in Bereichen wie Medizintechnik, Halbleiterfertigung und Photonik eingesetzt.**



**Größenvergleich Micro Harmonic Drive® Getriebebox (rechts) und Hohlwellenservoantrieb (links) mit Gummibärchen.**

Mikrotechnik bedeutet umfassende Miniaturisierung weit über die Mikroelektronik hinaus in Mechanik, Fluidtechnik, Optik, Akustik, Chemie und Biotechnik. Bereits im Jahr 2002 wurde in Deutschland ein Absatzvolumen von rund 50 Mrd. Euro direkt oder indirekt von der Mikroelektronik beeinflusst. Wer auf der Suche nach einem neuen, zukunftssicheren und lukrativen Job ist, sollte Mikrosystemtechnik (MST) studieren. Mikrosystemtechnik ist eine Schlüsseltechnologie und ein Wachstumsmarkt – darüber sind sich die Experten einig. Einer Studie des Verbands der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE) zufolge nehmen deutsche Unternehmen bei dieser Schlüsseltechnologie bis zum Jahr 2010 eine führende Rolle ein.

## Mikrosysteme sind schon Teil des Alltags

Wenn sich im Auto der Airbag öffnet, das Antiblockiersystem einsetzt, der nächste Servicetermin im Display aufleuchtet, sind dafür winzige Sensoren, Motoren und Getriebe verantwortlich. Mehr als 40 Mikrosysteme werden durchschnittlich in einem Auto verbaut. Seit einiger Zeit hält nun auch im Maschinenbau die Miniaturisierung von Bauteilen, die

von der Halbleitertechnik vorangetrieben wird, Einzug.

Mikrogetriebe an sich sind keine besondere Neuheit. Bisherige Lösungen sind jedoch entweder spielbehaftet oder sie ermöglichen eine extrem niedrige zulässige Belastung. Gefordert sind daher Mikrogetriebe, die eine hohe Wiederholgenauigkeit, Spielfreiheit, eine hohe Übersetzung (ins Langsame) und wenige Bauteile aufweisen. Diese Forderung gab Anstoß für die Entwicklung eines neuartigen Mikrogetriebes, das Micro Harmonic Drive® Getriebe. Dieses wurde von der Micromotion GmbH Mainz (einem verbundenen Unternehmen der Harmonic Drive AG, Limburg) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikrotechnik Mainz (IMM) entwickelt und gilt derzeit als weltkleinster spielfreier Positionierantrieb.

Das Funktionsprinzip ähnelt dem des „konventionellen“ Harmonic Drive® Getriebes, jedoch mit dem Unterschied, dass der Wave Generator als Planetengetriebe ausgeführt wird. Dadurch werden hohe Übersetzungen ins Langsame ermöglicht. Dies ist erforderlich, da die Mikromotoren eine sehr hohe Drehzahl haben – 50.000 min<sup>-1</sup> sind keine Seltenheit.

Der einzigartige Micro Harmonic-Drive-Getriebeinbausatz hat einen Au-

ßendurchmesser von nur 8 mm bei einer axialen Länge von 1 mm. Er bietet Übersetzungsverhältnisse von 160:1 bis 1000:1. Die Micromotion GmbH bietet verschiedene Getriebebauformen bzw. Abtriebslagerkonzepte an, um eine leichte Integration in verschiedenen Anwendungen zu ermöglichen. Mikro-Getriebeboxen der MHD-Baureihe sind verfügbar in zwei Baugrößen, entweder mit gelagerter Antriebswelle oder für den direkten Anbau an allen gängigen Mikromotoren, z. B. Arsape, Escap, Faulhaber, Maxon, Mymotors, RMB usw.

Diese Lösung bietet somit eine Reihe von Vorteilen:

- Spielfreiheit bei miniaturisierter Baugröße: Die Getriebestufe ist prinzipbedingt spielfrei, und die elastisch verformbaren Planetenräder gleichen das Spiel in der Planetenstufe aus.
- Exzellente Wiederholgenauigkeit für präzise Positionierung: Die Spielfreiheit des MHD-Getriebes ermöglicht die Wiederholgenauigkeit im Bereich von wenigen Winkelsekunden. Hiermit werden Positioniervorgänge in Sub-µm-Bereich ermöglicht
- Hohe Dynamik für dynamische

### Der Autor

Dr. Rolf Slatter, Vorstand Marketing und Vertrieb, Harmonic Drive AG, Limburg, [www.harmonicdrive.de](http://www.harmonicdrive.de)

## ANTRIEBSTECHNIK

Indexieranwendungen: Die hohe Drehmomentkapazität sowie der niedrige Massenträgheitsmoment ermöglichen extrem hohe Beschleunigungen von bis zu 550 000 rad/s<sup>2</sup>. Dies entspricht einer Beschleunigung des Motors von 0 auf 100.000 min<sup>-1</sup> in 25 ms. Dies wiederum ermöglicht extrem schnelle Schwenkbewegungen, z. B. 180 ° in weniger als 80 ms.

### Lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit

Die neuen Mikro-Getriebeboxen weisen eine Lebensdauer von 2.500 Stunden bei Nennbelastung auf, d. h. bei Nenndrehmoment und

Bauteilen als bei bisherigen Lösungen. Zum Beispiel hat ein typisches Planetengetriebe mit Untersetzung 1000:1 25 Zahnräder, das vergleichbare Micro Harmonic Drive Getriebe hat nur 6.

### Hoher Wirkungsgrad minimiert Leistungsverluste

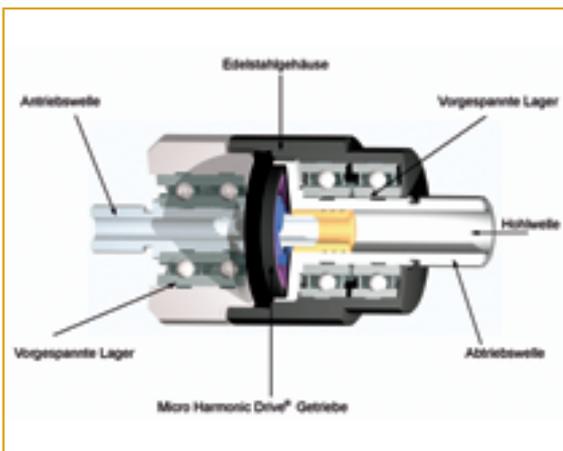
Das Micro Harmonic Drive weist einen Wirkungsgrad von bis zu 82 % bei Nennbelastung auf. Dies ist auch deutlich höher als bei bisherigen Lösungen. Die Begründung liegt in der geringen Anzahl der Zahneingriffstellen. Ein Planetengetriebe mit Untersetzung 1000:1 hat 30 Zahneingriffstellen, das vergleichbare Micro Harmonic Drive nur 8.

Die extrem flache Bauweise ermöglicht kompakte Getriebeabmessungen. Die Baulänge der MHD-Getriebebox ist unabhängig von der Getriebeuntersetzung und ist sowieso mehr als die Hälfte kürzer als bisherige Lösungen.

Das geringe Eigengewicht ermöglicht Anwendungen in tragbaren oder bewegten Strukturen. Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist wiegen die Getriebeboxen nur wenige Gramm. In der praktischen Anwendung bedeutet dies, dass die bewegten Massen minimiert werden können, was wiederum zu einer höheren thermischen Stabilität und reduzierter Erwärmung der Maschine führt. Weiterhin werden höhere Beschleunigungen bzw. kleinere Vorschubantriebe ermöglicht.

Die hohen Untersetzungen reduzieren den motorbezogenen Massenträgheitsmoment sehr stark. Die

ren oder bewegten Strukturen. Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist wiegen die Getriebeboxen nur wenige Gramm. In der praktischen Anwendung bedeutet dies, dass die bewegten Massen minimiert werden können, was wiederum zu einer höheren thermischen Stabilität und reduzierter Erwärmung der Maschine führt. Weiterhin werden höhere Beschleunigungen bzw. kleinere Vorschubantriebe ermöglicht.



Die MHD-Getriebebox im 3D-Schnitt.

Nennzahl. In der praktischen Anwendung bedeutet dies, dass mehrere Millionen Zyklen gefahren werden können. In den meisten Anwendungen ist die Lebensdauer des Getriebes zumindest gleich lang wie die Lebensdauer der Maschine. Damit sind die „Life-cycle-costs“ deutlich niedriger, als bei vermeintlich billigeren Lösungen.

Das MHD-Getriebe weist eine deutlich höhere MTBF-Zahl auf als andere Mikrogetriebe. Dies ist hauptsächlich begründet in der deutlich geringeren Anzahl von

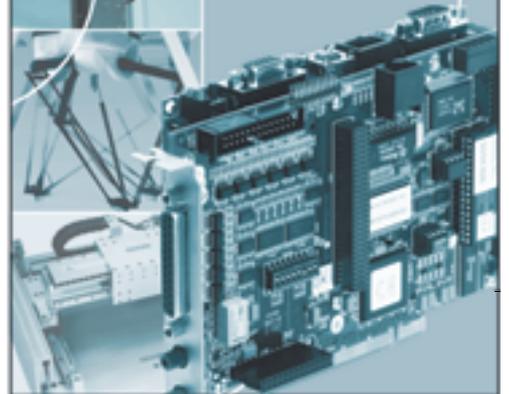
**manz**  
automation



präzise

zuverlässig

modular



... auf der ganzen Linie

### PC-basierte Multi-Achs-Steuerung

- Eine Plattform für den gesamten Automationsprozess
- SERCOS Antriebs-Schnittstelle
- Bis zu 32 Servo-Achsen steuerbar (3D-interpoliert)
- Umfassende Roboterunterstützung
- Digitale Antriebstechnik
- Feldbus, Ethernet, seriell etc.
- Schnelle und einfache Systemintegration
- High End Vision integriert
- Offener und modularer Aufbau
- Soft PLC (CoDeSys)

**aico**  
control



Easyline Die Bonder Maschine. Rechts: Die Rotary Bond Tool Baugruppe. (Quelle: Alphasm, Schweiz)

Folge ist, dass der Motor fast keine Lastträgheit merkt. In Kombination mit dem geringen Eigenträgheitsmoment des Getriebes führt dies dazu,

notwendig ist. Weiterhin ermöglicht die extrem hohe Führungsgenauigkeit (5 µm Rundlauf und Planlauf) eine direkte Montage von Anschlussteilen, z.B. Spiegel an der Abtriebswelle.

Der MHD-Antrieb ist einsetzbar in extremen Umgebungsbedingungen. Durch die Verwendung von hochwertigen Werkstoffen ist eine sehr hohe Korrosionsbeständigkeit gegeben. Die MHD-Getriebebox ist sterilisierbar und kann in einem sehr breiten Einsatztemperaturbereich (-20 °C - +150 °C) angewandt werden. Weiterhin ist der Einsatz im Vakuum bis 10<sup>-12</sup> bar schon praktisch erprobt worden. Fett-, Öl- oder Trockenschmierung ist je nach Anwendungsfall möglich.

Zur Herstellung der Zahnräder

## ANTRIEBSTECHNIK



Absorberschicht auf einer Maske und werden über Schattenprojektion hochpräzise in einen Fotoresist übertragen. Um Strukturen von bis zu mehreren Millimeter Höhe und gleichzeitig Abweichungen geringer 1 µm zu erzeugen, muss aufgrund des hierfür verwendeten Materials hochenergetische und hochparallele

	Baugröße	MHD 8		MHD 10		
		Untersetzung	160:1	500:1	160:1	500:1
Spitzendrehmoment	[mNm]	6	16	10	26	40
Nenn Drehmoment	[mNm]	3	8	5	13	20
Wiederholgenauigkeit	[arcsec]	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10
Außendurchmesser	[mm]	8	8	10	10	10
Gewicht	[g]	3.5	3.5	5.7	5.7	5.7

Tabelle 1: Die Eckdaten der neuen Getriebeboxen sind in der Tabelle aufgeführt.

dass die Motorregelung über einen sehr hohen Bereich quasi unabhängig von der Lastträgheit ausgelegt werden kann.

Die hohe zulässige Belastung der Abtriebslagerung (Vorgespannte Kugellager in 0-Anordnung) bedeutet, dass in den meisten Anwendungen keine zusätzliche Stützlagerung

des Mikrogetriebes hat sich der Einsatz mikrotechnischer Verfahren wie z. B. das LIGA-Verfahren (Lithographie + Galvanoformung + Abformung) bewährt. Diese Technologien stammen aus der Halbleiterfertigung und basieren auf lithografischen Prozessen, d. h. die lateralen Strukturen befinden sich als

Synchrotron-Strahlung verwendet werden. Um die hohen Untersetzungen und die geringen Abmessungen realisieren zu können, wird für die Zähne ein Modul von 34 µm verwendet, weniger als die Hälfte der Breite eines menschlichen Haares. Alle Zahnräder des Micro Harmonic Drive bestehen aus einer Nickel-

„Programmierst du noch oder produzierst du schon?“

JetWeb: Antrieb und Steuerung vereint.



JetWeb® – Automation. Made easy.

Verbringen Sie immer noch so viel Zeit damit, Antriebe zu programmieren und in Betrieb zu nehmen?

JetWeb integriert die Antriebstechnik vollständig in die Steuerung. Programmieren Sie Antriebe jetzt so einfach wie digitale Ein- und Ausgänge.

Ob komplexe Technologiefunktionen oder Bahnsteuerung: Mit nur einer Programmiersprache für Steuerung und Antriebsfunktionen sind Sie jetzt wesentlich flexibler und verkürzen Ihre Programmier- und Inbetriebnahmezeiten.

JetWeb – Automation. Made easy.



## ANTRIEBSTECHNIK

Eisen-Legierung. Aufgrund seiner hohen Streckgrenze von 1.500 N/mm<sup>2</sup>, dem niedrigen Elastizitätsmodul von 165.000 N/mm<sup>2</sup> und seiner Dauerfestigkeit bietet diese galvanisch abgeschiedene Legierung exzellente Materialeigenschaften für hoch beanspruchte Mikrozahnäder.

### Anwendungen

Die möglichen Anwendungsgebiete für Mikroantriebssysteme sind vielfältiger Natur. Als Beispiele für erste Serienanwendungen sind die Bereiche Medizintechnik, Halbleiterfertigung und Photonik zu nennen.

#### Halbleiterfertigung

Der Halbleiterfertigungsprozess kann in einem „front-end“ Prozess, bestehend aus der photolithographischen Verarbeitung des Silizium-Wafers, und einem „back-end“ Prozess, der bei dem Sägen des Wafers in einzelnen Chips anfängt und mit den fertig verpackten Elektronikbauteilen aufhört, unterteilt werden.

So genannte „Die Attach“-Maschinen werden in der Montagephase des „back-end“ Prozesses verwendet. Alphasem AG ist einer der führenden Hersteller von „Die Attach“- Maschinen. Diese Maschinen werden verwendet, um die Halbleiter-Chips in ihren schützenden Verpackungen zu montieren und verbinden. Dabei müssen die staubkorn-ähnlichen Chips, oft nicht mehr als 0,25 x 0,25mm groß, hoch präzise ausgerichtet und positioniert werden. Die neue Easyline 8032 Maschine von Alphasem verfügt über eine neuartige „Rotary Bond Tool“, um die Chips mit extrem hoher Genauigkeit in beliebige Winkelposition zu positionieren.

Herzstück dieser Baugruppe ist eine Getriebebox in einer kundenspezifischen Ausführung. Das Getriebe wird durch einen Mikro-Schrittmotor angetrieben, der über eine Stirnradstufe in das Micro Harmonic Drive eintreibt. Die Getriebebox ist mit einer Hohlwelle ausgeführt, um eine Vakuumzufuhr durch das Getriebe zu ermöglichen.

Diese wird benötigt, um die Chips für den Positioniervorgang zu greifen. Die Hohlwelle ermöglicht auch die Benutzung eines optischen Sensors, um sicherzustellen, dass der Chip erfolgreich gegriffen wurde. Die Abtriebswelle wird mit vorgespannten Kugellagern gestützt, um eine ausreichende Führungsgenauigkeit zu gewährleisten.

Mit dieser Baugruppe können die Chips mit sub-µm-Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit positioniert werden. Während der Entwicklungsphase des Rotary Bond Tools wurden ausführliche Dauertests durchgeführt, um die Zuverlässigkeit der Baugruppe zu prüfen. Dabei wurden mehr als 18 Mio. Zyklen gefahren ohne merklichen Unterschied in der Positioniergenauigkeit.

**KENNZIFFER 109**  
**Harmonic Drive AG**  
[www.harmonicdrive.de](http://www.harmonicdrive.de)

mpa 7/8-2004

**KENNZIFFER 110 ►**

◀ **KENNZIFFER 108**

# Kübler



Drehgeber, Prozessgeräte, Zähler

## Alles dreht sich um orange



**Orange – die Farbe von Kübler. Da ist alles ausgereift.**

**Die Technologie, die Produkte, die Lösung!**

- **Inkrementale und Absolute Drehgeber** vom Miniaturgeber bis zum Feldbus-Multiturn. NEU: auch mit M12 Anschluss-technik.
- **Industrielle Zähltechnik** für Impulse, Zeit, Frequenz und Positionen.
- **Prozessgeräte und Messumformer** für Normsignale, Temperatur... NEU: auch mit Schnittstellen und Parametriersoftware EzControl.

Service weltweit, in über 50 Ländern.

Gemeinsam entwickeln wir Ihre Lösung – maßgeschneidert.

**Sehen Sie orange!**

**Weitere Vitamine:**  
Tel. +49 (0)77 20-39 03-92

**Fritz Kübler GmbH**  
**Zähl- und Sensortechnik**  
Schubertstraße 47  
D-78054 Villingen-Schwenningen  
Tel. +49 (0) 77 20 - 39 03 - 0  
Fax +49 (0) 77 20 - 2 15 64  
info@kuebler.com  
www.kuebler.com

■■■ wir geben Impulse

**Wir stellen aus:**

**Electronica, München**  
9...12. November 2004  
Halle A3, Stand A3.300

**SPS - Nürnberg**  
23...25. November 2004  
Halle 7a, Stand 315 .004