

## Standard und kundenspezifische Lösungen

**MPS Micro Precision Systems AG**  
Chemin du Long-Champ 95  
2504 Biel-Bienne  
Switzerland  
T +41 32 344 43 00  
F +41 32 344 43 01  
www.mpsag.com  
info@mpsag.com  
sales@mpsag.com

## Lösungen auf kleinstem Raum

Standard und kundenspezifische Lösungen

Hochpräzise

- Miniatur-Linearkugellager
- Miniatur-Kugelumlaufspindeln
- Miniatur-Kugeln





## Unser Unternehmen

**„WIR STELLEN UNS DEN SCHWIERIGSTEN HERAUSFORDERUNGEN, INDEM WIR KOMPLEXE MIKROSYSTEME IN IMMER KOMPakteren ABMESSUNGEN BEI GLEICHZEITIGER ERFÜLLUNG HÖCHSTER TECHNISCHER ANFORDERUNGEN ENTWICKELN UND PRODUZIEREN – HEUTE UND IN ZUKUNFT.“**

Mit über 80 Jahren Erfahrung auf dem Gebiet der hochpräzisen Mikrosysteme kann MPS maßgeschneiderte Komplettlösungen mit innovativen Technologien anbieten.

Dank der Zuverlässigkeit und Qualität der MPS-Kugellager konnte sich das Unternehmen in so anspruchsvollen Betätigungsfeldern wie Aktivimplantaten / Medizintechnik, aktive Optiksyste me oder High-End-Uhrentechnik in kürzester Zeit einen Namen machen.

Unsere Grundmotivation besteht darin, unsere Kunden in deren Zielerreichung und Erfolg zu unterstützen. Die Grenzen der Mikrotechnologie dabei durch kontinuierliche Verbesserung des Herstellungsprozesses zu erweitern ist eine Aufgabe, die unser multidisziplinäres Expertenteam anspricht und inspiriert.

Die beständige Pflege und Weiterentwicklung unseres einzigartigem, auf Schweizer Uhrmachertradition basierendem Know-hows auf dem Gebiet der Mikrosystem-Montage, erfüllt die Spezialisten, die in unseren Mikromontageabteilungen arbeiten, zurecht mit Stolz. Die Gewährleistung höchster Qualitätsansprüche durch Implementierung strenger Prüfverfahren unterstreicht die Kompetenz unserer Qualitätssicherung.

Der Enthusiasmus, mit dem wir jedes neue Projekt angehen, spiegelt die Begeisterung für unsere tägliche Arbeit wider; und diese Begeisterung würden wir gerne mit Ihnen teilen.

**„Vom Standardprodukt bis zur kundenspezifischen Lösung – wir möchten der Partner Ihrer Wahl sein, wenn es um Mikrosysteme für so anspruchsvolle Anwendungsgebiete wie Medizintechnik, Rüstungsindustrie, Automatisierungs- und Uhrentechnik sowie Optik&Photonik und Wissenschaft geht.“**

### Inhaltsverzeichnis

03	Unser Unternehmen
04	Microlinea Linearkugellager – Serie L
06	Microlinea Linearkugellager – Serie DBL
08	Microlinea Standard-Kugelumlaufspindeln
10	Microlinea Kundenspezifische Kugelumlaufspindeln
12	Kugeln
14	Mikrosysteme

# Serie L - Linearkugellager

## Standard-Produktlinie – microlinea

Hochpräzise Miniaturlinearlager  
Serie L mit Aussenhülse aus rostbeständigem Stahl und Kugelkäfig aus Messing.

### Herausragende Technologie:

- Die kleinsten Linearkugellager der Welt
- Außergewöhnliche Laufruhe und extrem niedrige Reibung
- Erhöhte Lebensdauer
- Ideal für eine präzise Positionierung ohne Stick-Slip-Effekt

### Auf Anfrage

Ausführung vollständig aus rostfreiem Stahl  
Reduzierte Toleranz im Innendurchmesser.



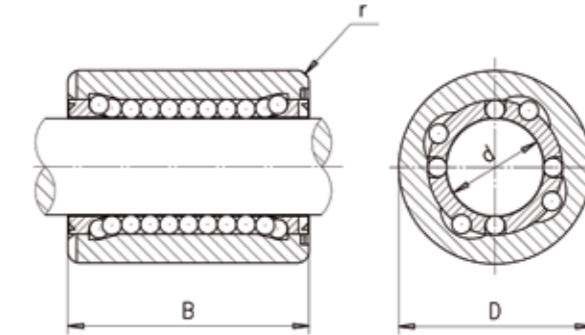
Bezeichnungen	d (mm)	D (mm)	B (mm)	r min (mm)	Ø Kugeln (mm)	Tragzahlen gemäss ISO 14728 [N]	
						stat. (C <sub>0</sub> )	dyn. (C <sub>100B</sub> )
L 153X	1.5	3	4	0.015	0.300	8	6
L 204X	2	4	5	0.020	0.500	12	11
L 306X	3	6	7	0.130	0.600	31	26
L 307X	3	7	10	0.200	0.794	73	56
L 408X	4	8	10	0.240	0.794	77	53
L 510X	5	10	14	0.240	1.250	131	118
L 612X	6	12	18	0.390	1.588	250	220

### Materialien

**Aussenhülse:** Rostfreier Stahl AISI 440C  
**Käfigmaterial:** Messing (auf Anfrage rostfreier Stahl AISI 303)  
**Kugeln:** Rostfreier Stahl AISI 440C (auf Anfrage Keramikugeln)  
**Schmierung:** Standard: Winsor Lube L245X (andere Schmierungen auf Anfrage)  
**Temperaturbereich:** -40°C bis +80°C (höhere Temperaturen möglich mit anderen Schmierungen)  
**Toleranzen der Kugellager:** Innendurchmesser d +8/0µm  
 Aussendurchmesser D 0/-8µm

Empfohlene Toleranzen der Wellen: 0/-6µm  
 Empfohlene Mindesthärte der Wellen: 58 HRC  
 Zulässiger Presssitz auf Aussenhülse: 1 bis 3µm

Unter Vorbehalt zwischenzeitlicher Änderungen.



### Bestimmung der theoretischen Lebensdauer von Linearkugellagern

C<sub>100B</sub> wird gemäß ISO 14728 berechnet.  
 100 steht für eine nominelle Lebensdauer von 100 km und B für Linearkugellager.  
 Wird der C-Wert nicht mit C<sub>100B</sub> bezeichnet, kann dieser auch C<sub>50B</sub> (C<sub>50B</sub> = 1.26 x C<sub>100B</sub>) entsprechen.

Die theoretische Lebensdauer ergibt nur dann einen praxisrelevanten Wert, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Sorgfältig definierte Größe und Ausrichtung der konstanten Belastung
- Konstante Geschwindigkeit
- Konstante Temperatur jedoch höchstens 100°C
- Einhaltung der notwendigen Sauberkeit bei der Montage und während der Laufzeit
- Sorgfältige Definition und Dosierung des Schmiermittels

### Theoretische Lebensdauer in Distanz

L<sub>m</sub>: theoretische Lebensdauer in Meter [m]  
 C<sub>100B</sub>: Dynamische Tragzahl [N]  
 P: Dynamisch äquivalente Belastung [N]

$$L_m = \left(\frac{C_{100B}}{P}\right)^3 \cdot 10^5$$

### Theoretische Lebensdauer in Stunden

L<sub>h</sub>: theoretische Lebensdauer in Stunden [h]  
 f: Anzahl der Doppelhübe pro Minute [min<sup>-1</sup>]  
 s: Länge eines Doppelhubes [m]

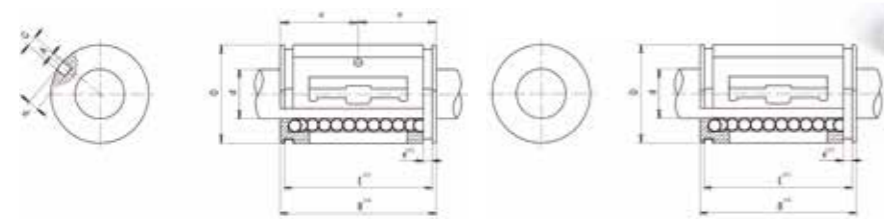
$$L_h = \left(\frac{C_{100B}}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^5}{f \cdot s \cdot 60}$$

Nach ISO 14728, muss ein statischer Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden, damit die tatsächliche Belastung nicht die Hälfte des C<sub>0</sub>-wertes überschreitet (P<sub>0</sub> ≤ ½ C<sub>0</sub>).

# Serie DBL - Linearkugellager

## Standard Produktlinie – microlinea

Miniaturlinearlager mit geringer Reibung  
Serie DBL mit Kunststoffsegmenten,  
Kugeln und Nadeln aus rostfreiem Stahl.



Bezeichnungen	d (mm)	D (mm)	B (mm)	e (mm)	E (mm)	Ø Kugeln (mm)	A (mm)	P (mm)	G (mm)	Tragzahlen [N]		
										stat. (C <sub>0</sub> )	dyn. (C <sub>100B</sub> )	Anzahl Kugelreihen
DBL 307X	3	7	10	-	-	1.0	0.0	0.75	1.0	27	26	3
DBL 408X	4	8	12	-	-	1.0	0.0	0.9	1.0	50	44	4
DBL 510X	5	10	15	-	-	1.2	0.1	1.0	1.2	84	72	4
DBL 612X	6	12	19	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	132	114	4
DBL 815X	8	15	24	1.1	23	1.5	0.85	1.0	1.5	204	167	5
DBL 1017X	10	17	26	1.1	25	1.5	0.85	1.2	1.5	234	186	5
DBL 1219X	12	19	28	1.3	26.4	1.5	1.25	1.2	1.5	257	202	6
Diese Lager sind beidseitig mit Abstreifer versehen												
DBL 1222X-JR	12	22	32	1.3	22.60	2.0	-	-	-	352	310	6
DBL 1626X-JR	16	26	36	1.3	24.60	2.0	-	-	-	440	372	7
DBL 2032X-JR	20	32	45	1.6	31.20	2.5	-	-	-	689	591	7
DBL 2540X-JR	25	40	58	1.85	43.70	3.5	-	-	-	1332	1162	7

### Materialien

**Aussenhülse:** Polyoxymethylen (POM)  
**Kugeln und Nadeln:** Rostfreier Stahl  
**Schmierung:** Standard: Winsor Lube L245X  
(andere Schmierungen auf Anfrage)  
**Temperaturbereich:** -40°C bis +60°C

### Erläuterung zur Produktebezeichnung

**DBL 307X** Linearkugellager der Serie DBL  
**DBL 307X** Innendurchmesser = 3 mm  
**DBL 307X** Aussendurchmesser = 7 mm  
**DBL 307X** Rostfreier Stahl für Kugeln und Nadeln

Unter Vorbehalt zwischenzeitlicher Änderungen.

DBL	Empfohlene Toleranzen				Radialspiel mit vorgeschlagenen Toleranzen für Gehäuse und Welle		
	Aussenhülse		Welle		Nennwert	H5/h5 [µm]	H6/h6 [µm]
	H5 [µm]	H6 [µm]	h5 [µm]	h6 [µm]			
307	0/+6	0/+9	0/-4	0/-6	0-6	0-16	0-21
408	0/+6	0/+9	0/-5	0/-8	0-6	0-17	0-23
510	0/+6	0/+9	0/-5	0/-8	0-6	0-17	0-23
612	0/+8	0/+11	0/-5	0/-8	0-6	0-19	0-25
815	0/+8	0/+11	0/-6	0/-9	0-6	0-20	0-26
1017	0/+8	0/+11	0/-6	0/-9	0-6	0-20	0-26
1219	0/+9	0/+13	0/-8	0/-11	0-6	0-23	0-30
1222	0/+9	0/+13	0/-8	0/-11	0-6	0-23	0-30
1626	0/+9	0/+13	0/-8	0/-11	0-6	0-23	0-30
2032	0/+11	0/+16	0/-9	0/-13	0-6	0-26	0-35
2540	0/+11	0/+16	0/-9	0/-13	0-7	0-27	0-36

### Bestimmung der theoretischen Lebensdauer von Linearkugellagern

C<sub>100B</sub> wird gemäß ISO 14728 berechnet.  
100 steht für eine nominelle Lebensdauer von 100 km und B für Linearkugellager.  
Wird der C-Wert nicht mit C<sub>100B</sub> bezeichnet, kann dieser auch C<sub>50B</sub> (C<sub>50B</sub> = 1.26 x C<sub>100B</sub>) entsprechen.

Die theoretische Lebensdauer ergibt nur dann einen praxisrelevanten Wert, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Sorgfältig definierte Größe und Ausrichtung der konstanten Belastung
- Konstante Geschwindigkeit
- Konstante Temperatur jedoch höchstens 60°C
- Einhaltung der notwendigen Sauberkeit bei der Montage und während der Laufzeit
- Sorgfältige Definition und Dosierung des Schmiermittels

### Theoretische Lebensdauer in m

L<sub>m</sub>: theoretische Lebensdauer in Meter [m]  
C<sub>100B</sub>: Dynamische Tragzahl [N]  
P: Dynamisch äquivalente Belastung [N]

$$L_m = \left(\frac{C_{100B}}{P}\right)^3 \cdot 10^5$$

### Theoretische Lebensdauer in Stunden

L<sub>h</sub>: theoretische Lebensdauer in Stunden [h]  
f: Anzahl der Doppelhübe pro Minute [min<sup>-1</sup>]  
s: Länge eines Doppelhubes [m]

$$L_h = \left(\frac{C_{100B}}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^5}{f \cdot s \cdot 60}$$

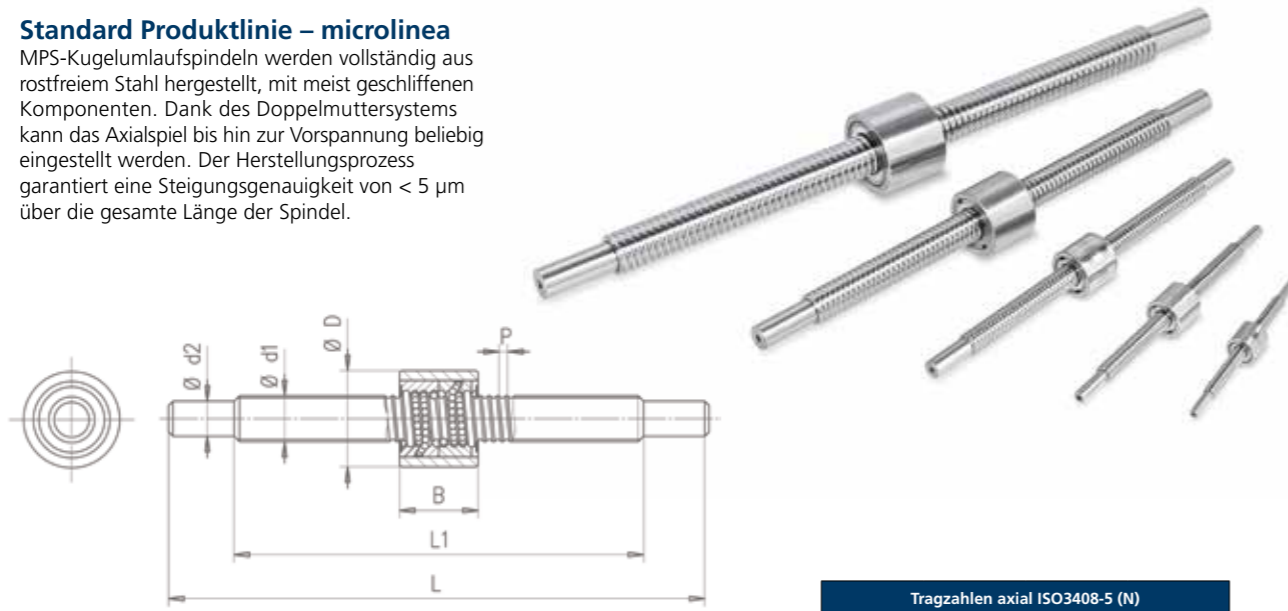
Nach ISO 14728, muss ein statischer Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden, damit die tatsächliche Belastung nicht die Hälfte des C<sub>0</sub>-wertes überschreitet (P<sub>0</sub> ≤ ½ C<sub>0</sub>).

Unter Vorbehalt zwischenzeitlicher Änderungen.

# Kugelumlaufspindeln

## Standard Produktlinie – microlinea

MPS-Kugelumlaufspindeln werden vollständig aus rostfreiem Stahl hergestellt, mit meist geschliffenen Komponenten. Dank des Doppelmutter-Systems kann das Axialspiel bis hin zur Vorspannung beliebig eingestellt werden. Der Herstellungsprozess garantiert eine Steigungsgenauigkeit von < 5 µm über die gesamte Länge der Spindel.



Bezeichnungen	Mutter		Spindel						Tragzahlen axial ISO3408-5 (N)			
	D (mm)	B (mm)	Ø Kugeln (mm)	d1 (mm)	P (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	L (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	Standard Profil		Profil für hohe Belastung	
									dyn. (Cam)	stat. (Coa)	dyn. (Cam)	stat. (Coa)
ED 410X / V404X	10	10	0.794	4.25	1.0	3	70	50	229	179	426	422
ED 513X / V501X	13	12	1.000	5.8	1.25	4	100	75	356	302	660	709
ED 616X / V601X	16	14	1.191	7.4	1.5	6	140	110	519	475	958	1114
ED 822X / V801X	22	18	1.588	10.5	2.0	8	190	150	890	887	1646	2085
ED 1028X / V1001X	28	22	2.000	13.6	2.5	10	260	210	1345	1409	2497	3313

### Materialien

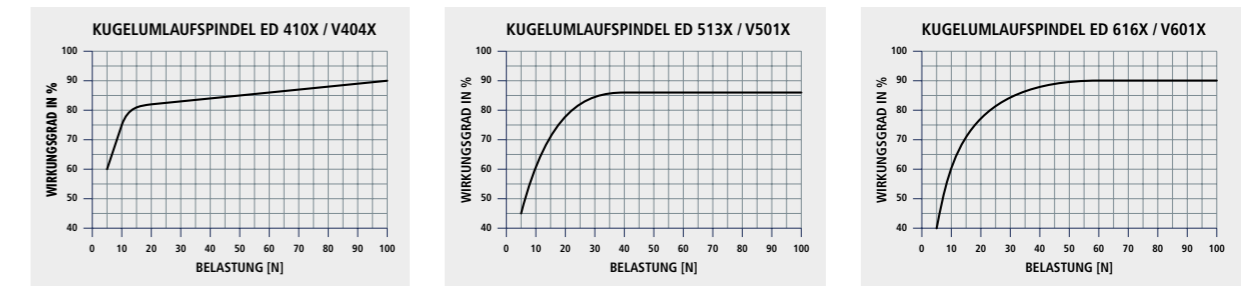
- Aussenhülse:** Rostfreier Stahl AISI 440C
- Mutter:** Rostfreier Stahl AISI 440C
- Deckscheiben:** Rostfreier Stahl AISI 302 oder AISI 303
- Kugeln:** Rostfreier Stahl AISI 440C
- Schmierung Standard:** Winsor Lube L245X

### Erläuterung zur Produktebezeichnung

- ED 513X/V501X** Doppelmutter
- EDD 513X/V501X** Zwei Doppelmutter
- ED 513X/V501X** 4 x Steigung des Gewindes (4 x 1,25 = 5)
- ED 513X/V501X** Außendurchmesser der Mutter = 13 mm
- ED 513X/V501X** Mutter aus rostbeständigem Stahl
- ED 513X/V501X** Geschliffene präzise Spindel
- ED 513X/V501X** 4 x Steigung des Gewindes
- ED 513X/V501X** Zeichnungsnummer der Spindel
- ED 513X/V501X** Spindel aus rostfreiem Stahl

Unter Vorbehalt zwischenzeitlicher Änderungen.

## Anlaufwirkungsgrad (Informationen für die Dimensionierung des Systems)



Technische Daten		ED 410X / V404X	ED 513X / V501X	ED 616X / V601X	ED 822X / V801X	ED 1028X / V1001X
Toleranz des Mutterdurchmessers D	D [µm]	0/-6	0/-6	0/-6	0/-9	0/-9
Toleranz des Spindeldurchmessers d <sub>2</sub>	d <sub>2</sub> [µm]	0/-8	0/-8	0/-8	0/-8	0/-8
Max. Steigungsabweichung*	[µm]	5	5	5	5	5
Max. Radialschlag der Mutter auf der Spindel	[µm]	10	10	12	14	16
Wirkungsgrad, Durchschnittswerte	[ % ]	80-85	80-87	80-89	81-91	83-92
Standard Axialspiel	[µm]	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
Ohne Axialspiel		Auf Anfrage				

\*Standard. Die Genauigkeit kann auf Wunsch erhöht werden. Hinweis: Die Mutter darf nicht von der Spindel heruntergedreht werden.

### Bestimmung der theoretischen Lebensdauer von Kugelumlaufspindeln

Die theoretische Lebensdauer wird im Allgemeinen durch die Gesamtzahl der Umdrehungen ausgedrückt. Die Lebenserwartung kann aber auch in Stunden oder in Gesamtverfahrweg ermittelt werden. Die Lebensdauer wird wie folgt berechnet:

- L<sub>m</sub>:** theoretische Lebensdauer in Umdrehungen [rev]
- L<sub>hm</sub>:** theoretische Lebensdauer in Stunden [h]
- C<sub>am</sub>:** modifizierte axiale dynamische Belastung [N]
- F<sub>m</sub>:** äquivalente Belastung [N], nach ISO 3408-5
- N<sub>m</sub>:** Äquivalentumdrehungszahl [min<sup>-1</sup>], nach ISO 3408-5

$$L_m = \left( \frac{C_{am}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L_{hm} = \frac{L_m}{n_m \cdot 60}$$

# Kundenspezifische Kugelumlaufspindeln

MPS bietet eine umfassende Palette an Miniatur-Präzisionskugelumlaufspindeln mit einer Positioniergenauigkeit  $<5\mu\text{m}$  an.

Die durch MPS entwickelte Kugelumlaufspindel-Technologie gewährleistet hervorragende Eigenschaften in Bezug auf Effizienz, Laufruhe und Zuverlässigkeit.

Die meisten Anwendungen erfordern spezifische Schnittstellen oder unterliegen besonderen Einsatzbedingungen. Dank der langjährigen Erfahrung mit zahlreichen Aufträgen aus verschiedensten Anwendungsgebieten hat sich MPS ein außergewöhnlich hohes Maß an Know-how in der Entwicklung und Herstellung von kundenspezifischen Kugelumlaufspindeln erworben. Dies insbesondere in Bezug auf Präzision und Kompaktheit.



## Auf Anfrage

- Schmierung: Fett, Öl oder Trockenschmierung
- Bearbeitung der Spindelenden entsprechend Kundenanforderungen
- Erhöhung der statischen und dynamischen Belastbarkeit
- Mehrere Kugelgewindemuttern auf einer Spindel
- Linksgewinde oder Spindeln mit Rechts- und Linksgewinde
- Anwendungsspezifische Längen und Durchmesser
- Axialspiel bis zur Vorspannung (null) einstellbar
- Spezielle Oberflächenbehandlungen
- Flanschmutter, Mutter mit Aussengewinde, Mutter mit seitlichen Stiften zur Führung einer Gabel, usw.



MPS Kugelumlaufspindeln sind hauptsächlich für anspruchsvolle Anwendungen bestimmt, die sehr reibungsarme Bewegungen mit Positioniergenauigkeiten im  $\mu\text{m}$ -Bereich verlangen.

Damit die erwartete präzise Funktion gewährleistet werden kann, müssen die Mass- und Formtoleranzen der Aufnahmen für die Kugelumlaufspindeln sehr sorgfältig aufeinander abgestimmt sein.

Zur Optimierung der Funktion und Erreichung der Langlebigkeit der Kugelumlaufspindeln ist die Einhaltung von Sauberkeitsmaßnahmen, insbesondere durch Tragen von adäquaten Handschuhen während des Einbaus unumgänglich. Ein sauberes Umfeld während des Betriebes sowie die Vermeidung von mechanischen Beschädigungen tragen überdies zu einer guten und andauernden Funktion bei.

Gerne steht Ihnen das MPS-Spezialisten-Team zur Beantwortung Ihrer Fragen und bei Bedarf zur Unterstützung in der Lösungsfindung zur Verfügung.



# Kugeln

**Die Vollkommenheit, die durch die Kugel symbolisiert wird, ist für MPS Motivation und Anspruch bei der Herstellung der Kugeln.**

### Stahl in Bewegung

Es dauert mehrere Wochen und viele Bearbeitungsschritte bis aus einem extrudierten Stahldraht die perfekte Kugel wird. Die thermische Behandlung verleiht dem Edelstahl dabei hervorragende physikalische Eigenschaften und eine Härte von mindestens 58 HRC. Der abschliessende Poliervorgang bewirkt eine hochglanzpolierte Oberfläche und eine geometrische Genauigkeit, die jenseits aller Vorstellungskraft liegt.

### Sub-Millimeter-Dimensionen

MPS ist spezialisiert auf die Herstellung von Kugeln mit weniger als einem Millimeter Durchmesser. Die kleinste von MPS hergestellte Kugel hat einen Durchmesser von 0.150 mm.

### Sub-Mikrometer-Toleranzen

MPS produziert "Grade 3" Kugeln, die höchste Qualitätsstufe gemäss der Norm ISO 3290/DIN 5401.

Grade 3 (ISO 3290/DIN 5401)	
Material	Rostfreier Stahl: AISI 440C
Sphärische Abweichung	0.08 µm
Durchmesservariation innerhalb einer Charge	0.13 µm
Spezifisches Gewicht	7.7 g/cm <sup>3</sup>
Härte	min. 58 HRC
E-Modul	21'400 Mpa
Wärmeausdehnungskoeffizient	10.4 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Biegefestigkeit	1930 Mpa

Bezeichnung
0.200X/G3
0.250X/G3
0.300X/G3
0.397X/G3
0.500X/G3
0.600X/G3
0.794X/G3
1.000X/G3
1.150X/G3
1.250X/G3
1.450X/G3
1.500X/G3
1.588X/G3

### ERLÄUTERUNGEN ZUR PRODUKTBEZEICHNUNG

**0.200X/G3** Nominaler Durchmesser der Kugel [mm]  
**0.200X/G3** Rostfreier Stahl AISI 440C  
**0.200X/G3** Grade 3 Qualität gemäss ISO 3290/DIN 5401

### SPEZIFISCHE ABMESSUNGEN

MPS-Kugeln können auch in spezifischen Abmessungen erworben werden; sie stehen in Abstufungen von 1 Mikron zur Verfügung.

### BEISPIELE

**1.250X/G3-M2** "M" steht für "Minus"; 2 µm unter Nominal (1.248 mm)  
**1.250X/G3-NO** "N" steht für "Nominal"; 0 µm (1.250 mm)  
**1.250X/G3-P3** "P" steht für "Plus"; 3 µm über Nominal (1.253 mm)

Grössere Durchmesser bis Ø 2.778 mm sind erhältlich, soweit noch Lagerbestände vorhanden sind.

Unter Vorbehalt zwischenzeitlicher Änderungen.

# Kundenspezifische Anwendungsbeispiele

MPS Microsystems entwickelt und fertigt hochpräzise mechanische und elektromechanische Mikrosysteme, die sich durch hohe Leistungsfähigkeit und geringe Reibung auszeichnen.

Das Beherrschen der Miniaturisierung und Integration von Funktionen in kleinsten Räumen ermöglicht es MPS auch Lösungen für sehr spezifische Kundenanforderungen anzubieten.



## Genauigkeit und Raumoptimierung

Anwendung:  
Neue Generation von Pick&Place-Bestückköpfen.

Technische Eigenschaften:

- Vorgespanntes rotierendes Linearlager
- Sehr niedrige Reibung
- Hohe Lebensdauer



## Genauigkeit und definiertes Spiel

Anwendung:  
Präzisionspositionierung für Lenksysteme.

Technische Eigenschaften:

- Motor mit integrierter 4-Punkt-gelagerter Kugelgewindespindel
- Sehr hohe lineare Genauigkeit
- Hohe Axiallast
- Schmiermittelfrei
- Klebstofffrei



## Hohe Lastkapazität und Lebensdauer

Anwendung:  
Lineares Lager für taktile Oberflächenmessung.

Technische Eigenschaften:

- Reibungsarme Verdreh-Sicherung
- Kontrolliertes radiales Spiel
- Schmiermittelfrei



## Integration und Kombination

Anwendung:  
Komplexes Linsenführungssystem.

Technische Eigenschaften:

- Sehr präzise lineare Positionierung
- Sicherstellung der perfekten Rechtwinkligkeit zur Bezugsachse in der Bewegung
- Kundenspezifische Kugelumlaufspindeln und Linearkugellager der Microlinea-Reihe



## Präzision und Raumoptimierung

Anwendung:  
Miniaturisierter, hochgenauer Hexapod-Roboter für chirurgische Eingriffe an der Wirbelsäule.

Technische Eigenschaften:

- Sechs 5 mm Faulhaber-Getriebemotoren (smoovy)
- LVDT-Sensor (Auflösung 1 µm)
- Hochpräzise Positionierung
- Raumoptimiert
- M 2.5 x 0.35 mm Gewindespindel < 5 µm Axialspiel