



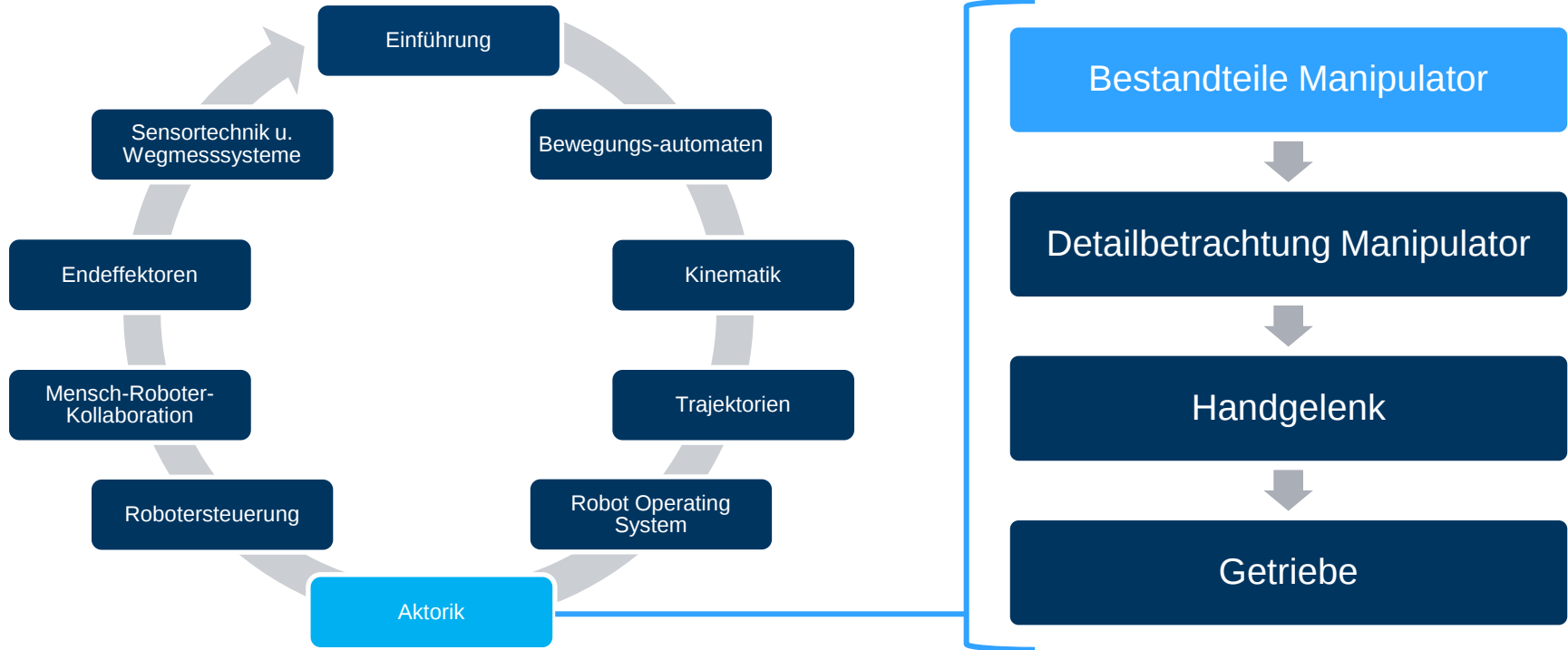
Technische Hochschule Georg Agricola

VORLESUNG - ROBOTIK AKTORIK

12.11.2025 Bochum

Dr.-Ing. Lars N. Josler

VORLESUNGSIHALTE



WICHTIGE KENNGRÖßEN UND DEREN EINFLUSS AUF DIE EIGENSCHAFTEN EINES INDUSTRIEROBOTERS



- **Art und Anzahl der Achsen**
 - Beweglichkeit, Steuerungsaufwand, Herstellkosten
- **Form und Größe des Arbeitsbereiches**
 - Einsatzbereich, Verwendbarkeit für verschiedene Technologiebereiche
- **Tragfähigkeit**
 - Handhabungsgewicht, Kraft- und Momentausübung
- **Geschwindigkeit und Beschleunigungen**
 - Zykluszeit des Bewegungsablaufs
- **Positioniergenauigkeit**
 - Arbeitsgenauigkeit, Reproduzierbarkeit der Bewegungen
- **Art und Eigenschaften der Steuerung**
 - Bahnverläufe, Programmierbarkeit

KOMPONENTEN EINES ROBOTERS



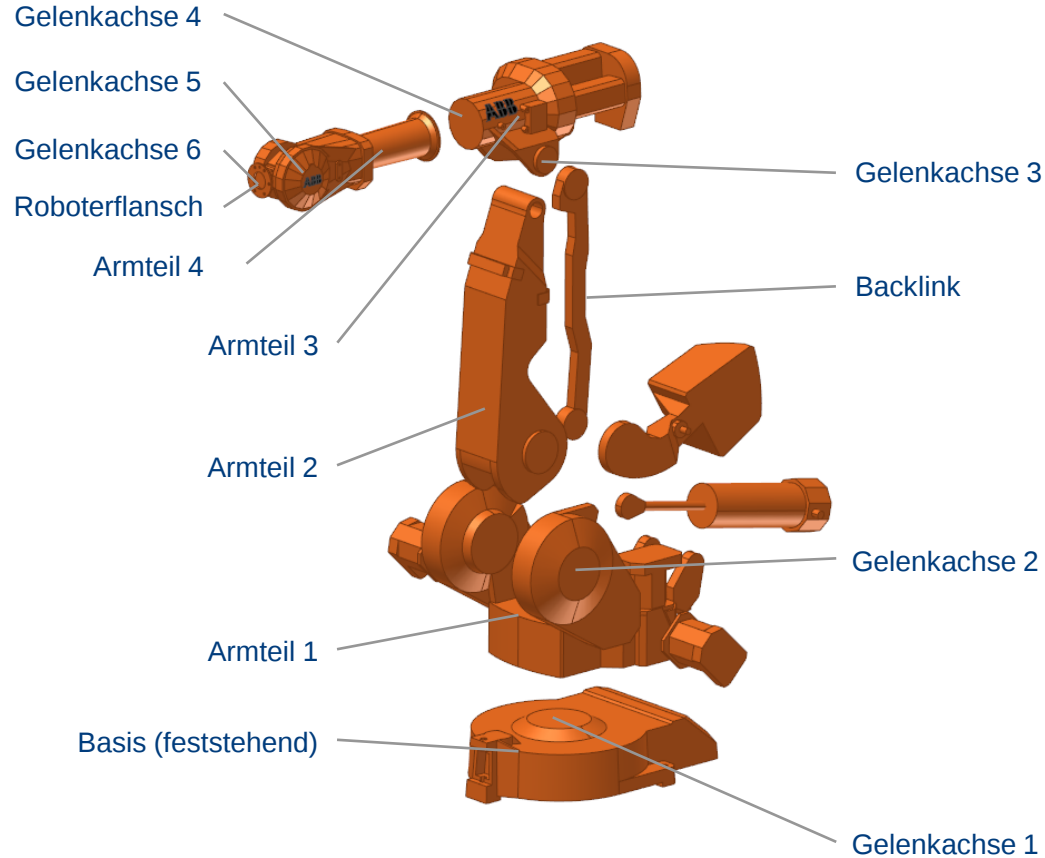
Animation

- Komponenten eines Vertikal-Knickarm-Roboters



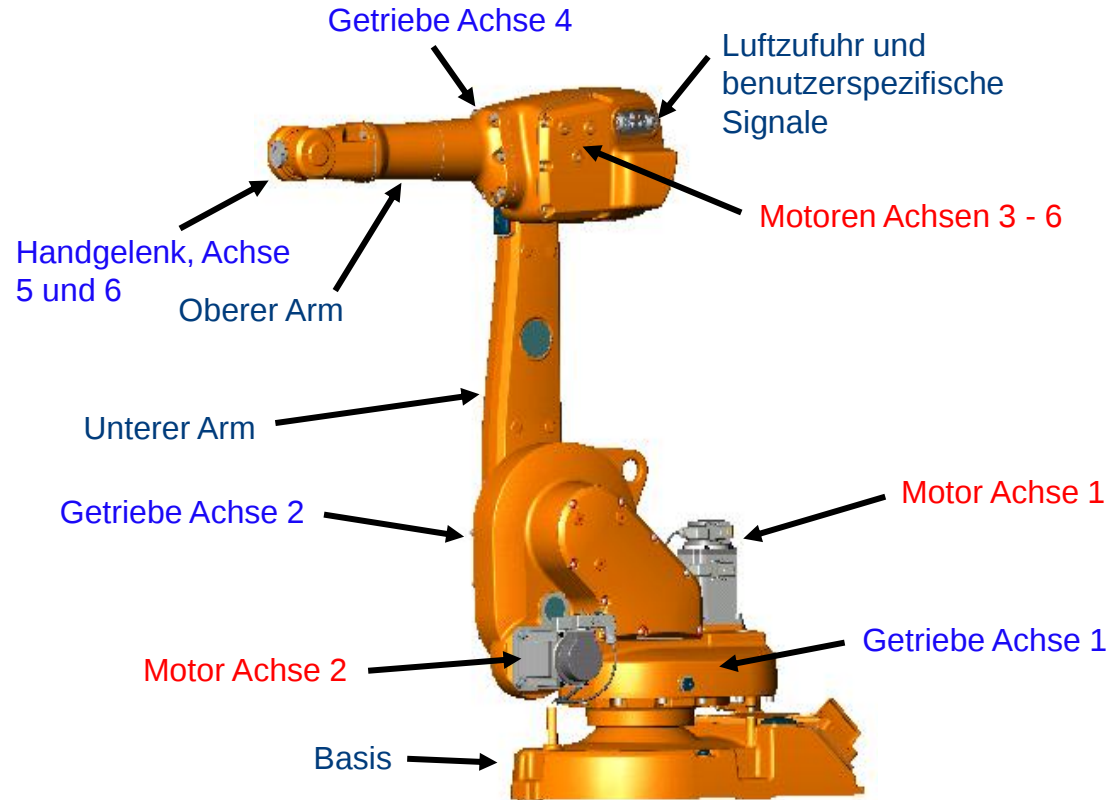
Quelle: ABB

KOMPONENTEN EINES ROBOTERS



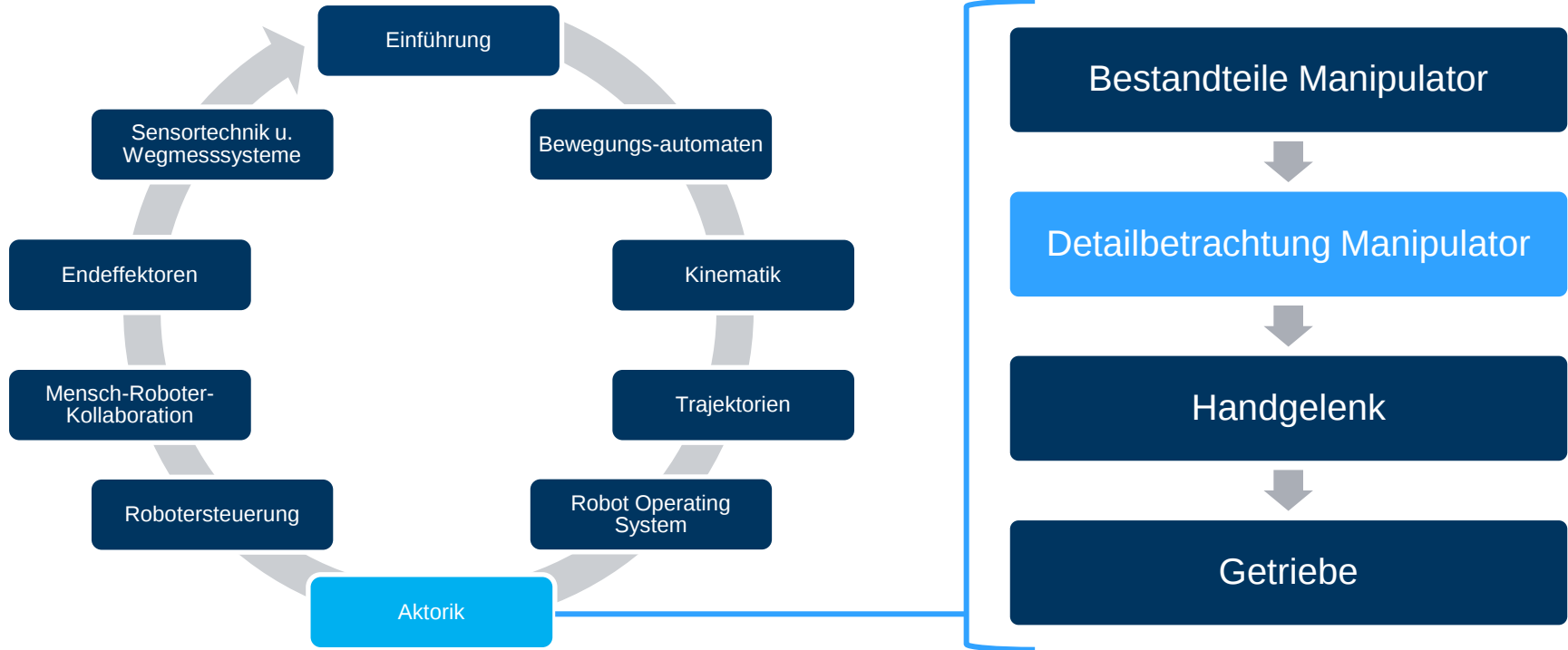
Quelle: ABB

BESTANDTEILE EINES MANIPULATORS

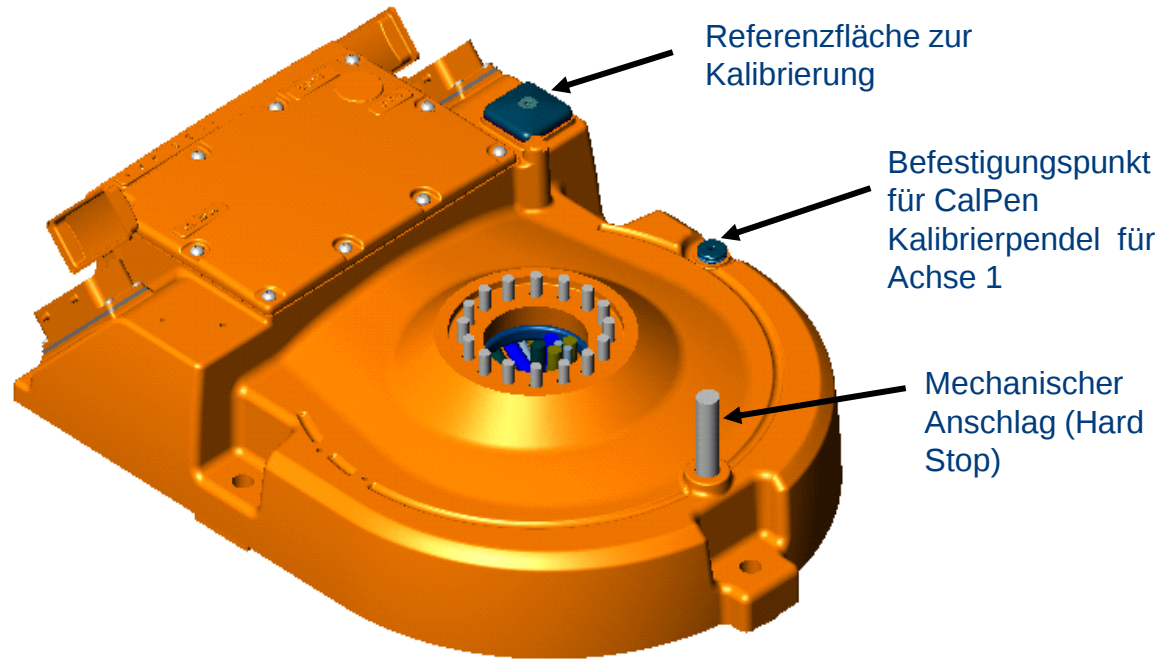


Quelle: ABB

VORLESUNGSIHALTE



MANIPULATOR: BASIS

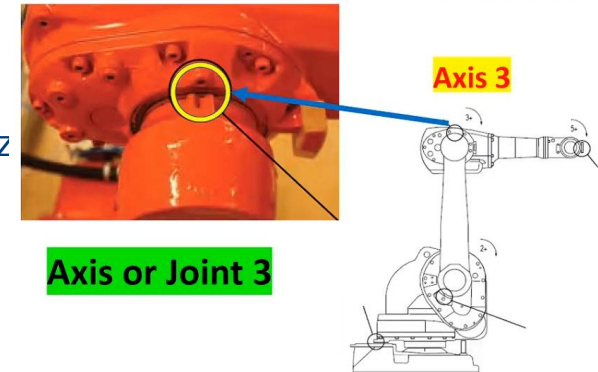
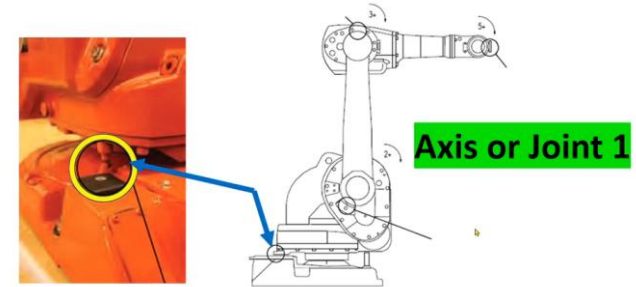
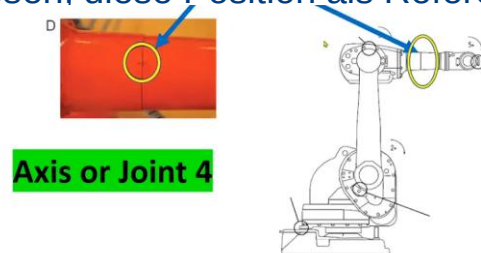


Quelle: ABB

REFERENZIERUNG ODER NULLPUNKTKALIBRIERUNG



- Kalibrierung notwendig, wenn Batterie leer oder Drehzahlmessung fehlerhaft
- Manuelle Kalibrierung (falls keine automatische Referenzfahrt möglich)
 - Der Bediener bringt den Roboter manuell in eine definierte Nullstellung.
 - Oft sind mechanische Markierungen vorhanden (Kerben, Pfeile, Linien).
 - Die Steuerung wird angewiesen, diese Position als Referenz zu übernehmen.

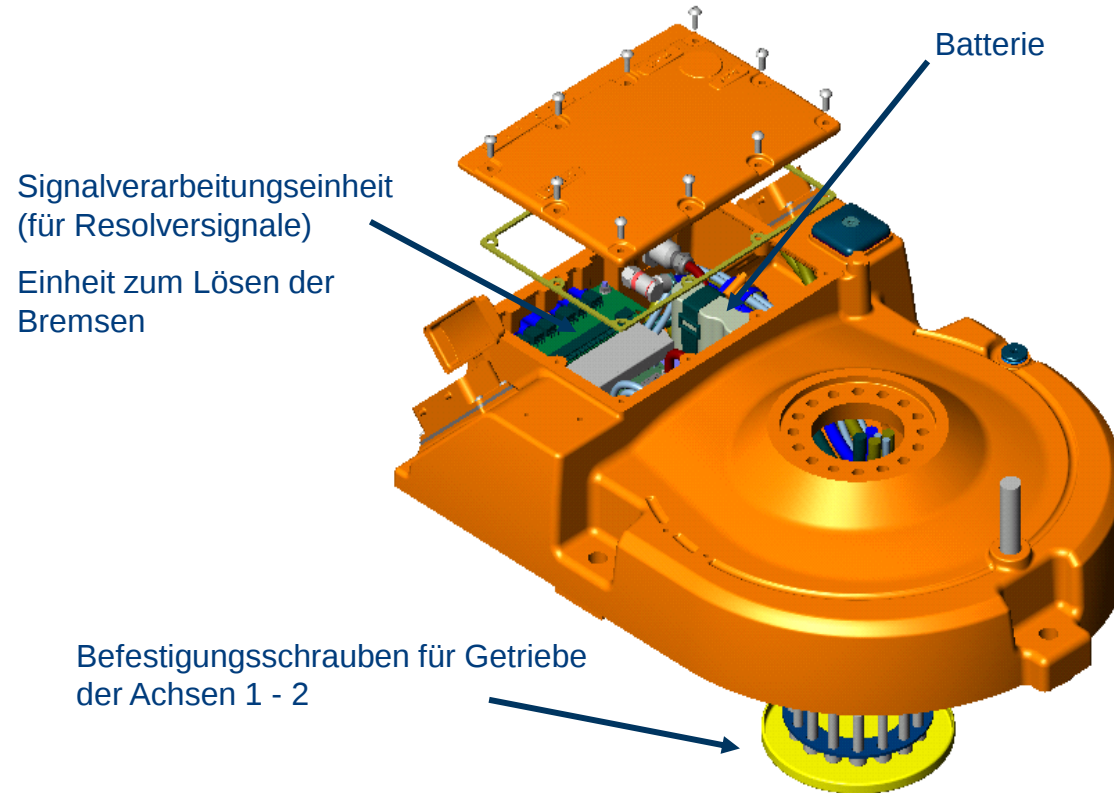




- **Exakte Bestimmung der Roboterkinematik (Achsen, TCP, Basis)**
- **Kompensation mechanischer Toleranzen und Montageabweichungen**
- **Messung unter Belastung**
- **Markerplatzierung**
 - Sichtbare Marker an Gelenken, Flansch oder Werkzeug
 - Stereo-Kameras erfassen Marker aus zwei Perspektiven
 - Triangulation berechnet präzise Markerpositionen
 - Ist-Positionen werden mit Soll-Kinematik verglichen
 - Gelenkparameter und TCP werden angepasst



MANIPULATOR: BASIS



Quelle: ABB

Bremsen haben die Aufgabe:

- **die Motorregelung zu entlasten** (Abschaltung der Erregerspannung bei längerem Stillstand der Achse)
- **ein Bewegen der Achse unter Last bei abgeschalteter Spannung zu verhindern**

a) Servomotor-Bremsen

Quelle: Matrix International GmbH, Nürnberg



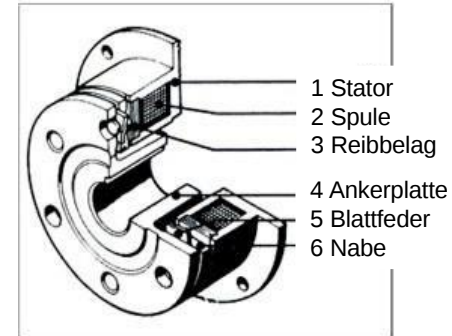
b) Elektromagnetische Bremse

Quelle: Chr. Mayr GmbH & Co. KG, Mauerstetten

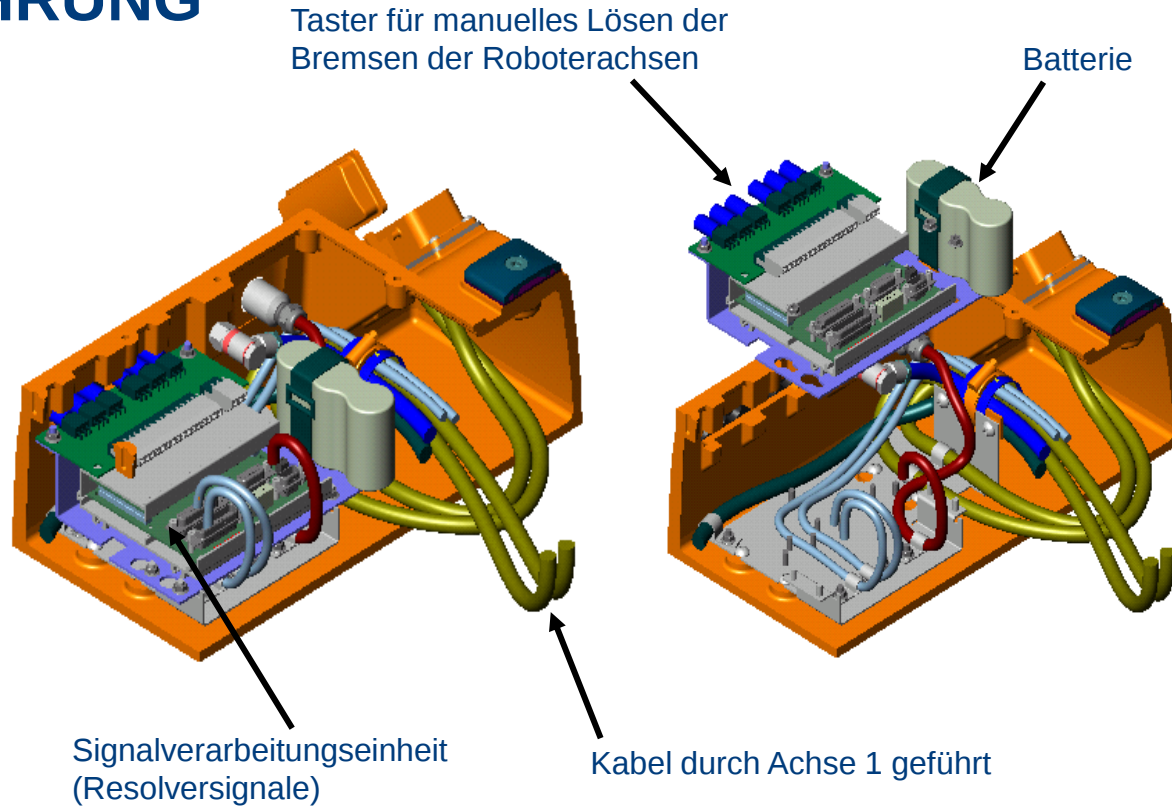


c) Elektromagnetische Bremse

Quelle: MSW Motion Control GmbH, Werther



MANIPULATOR: HAUPTPLATINE UND KABELFÜHRUNG



Quelle: ABB

MANIPULATOR: ANSCHLÜSSE AN DER BASIS



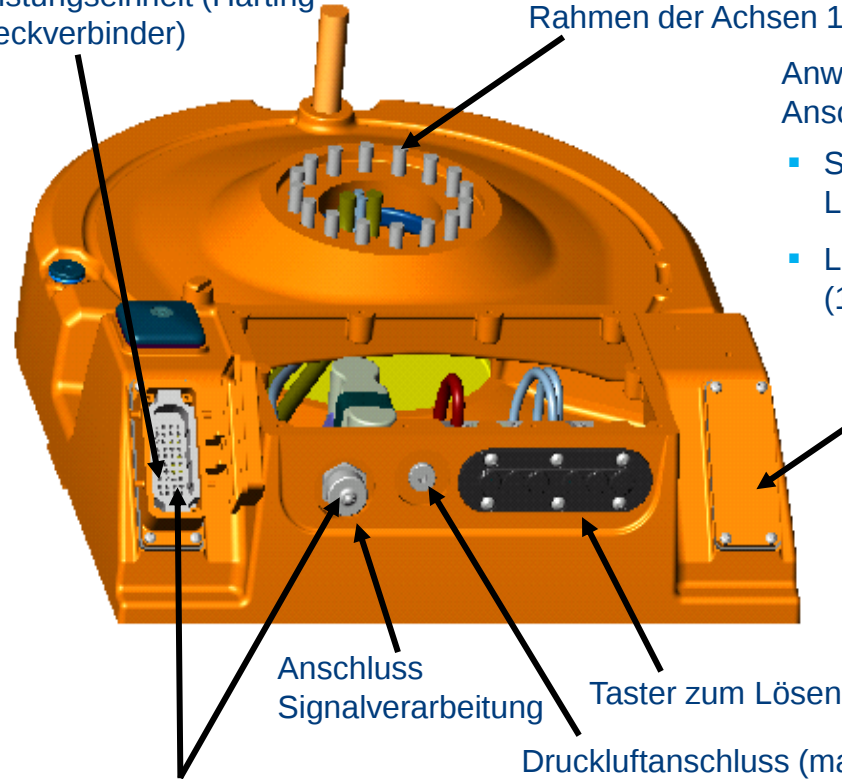
Anschluss

Leistungseinheit (Harting-
Steckverbinder)

Schrauben für den Manipulator-
Rahmen der Achsen 1 - 2

Anwendungsspezifische
Anschlüsse:

- Signalanschluss (23
Leitungen)
- Leistungsanschluss
(10 Leitungen)



Anschluss

Signalverarbeitung

Taster zum Lösen der Bremsen

Druckluftanschluss (max. 8 bar)

Manipulatorkabel

Quelle: ABB

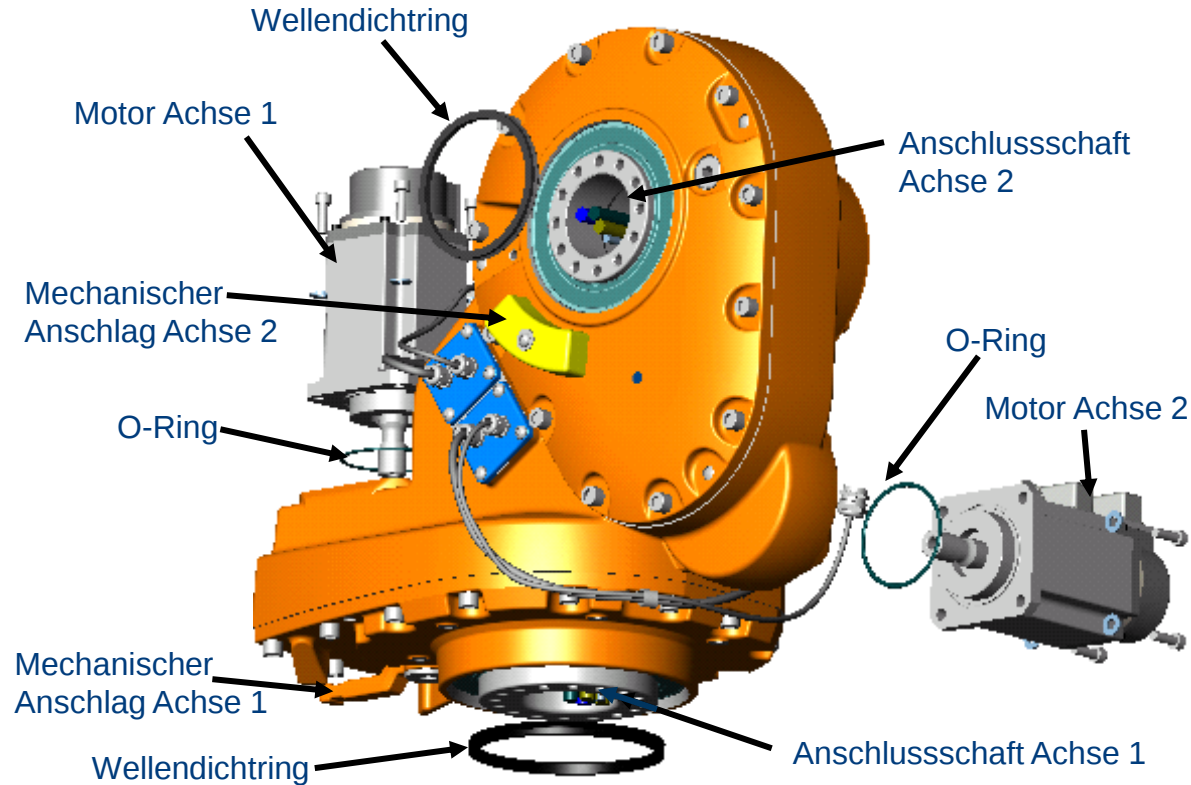
MANIPULATOR: HARTING-STECKVERBINDER



Harting-Steckverbinder zum Anschluss der
Leistungseinheit (Powerpack) für die Roboter-Motoren

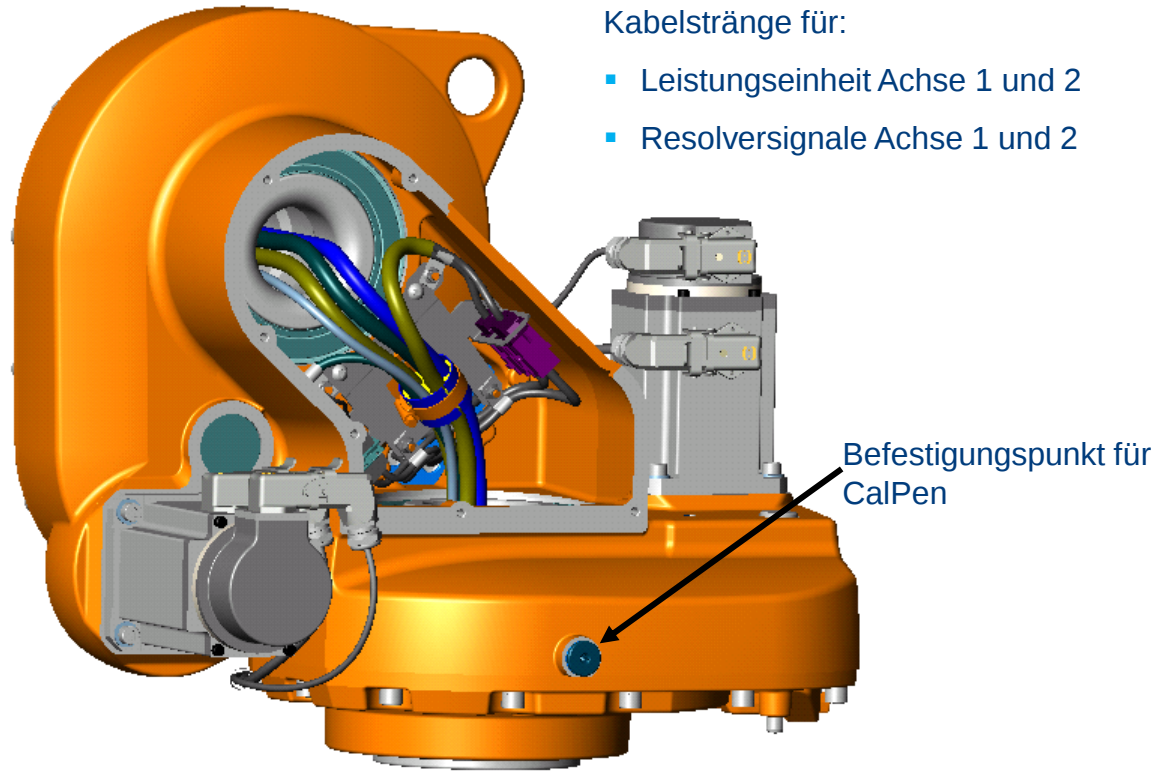
Quelle: Harting

MANIPULATOR: RAHMEN FÜR Achsen 1 UND 2



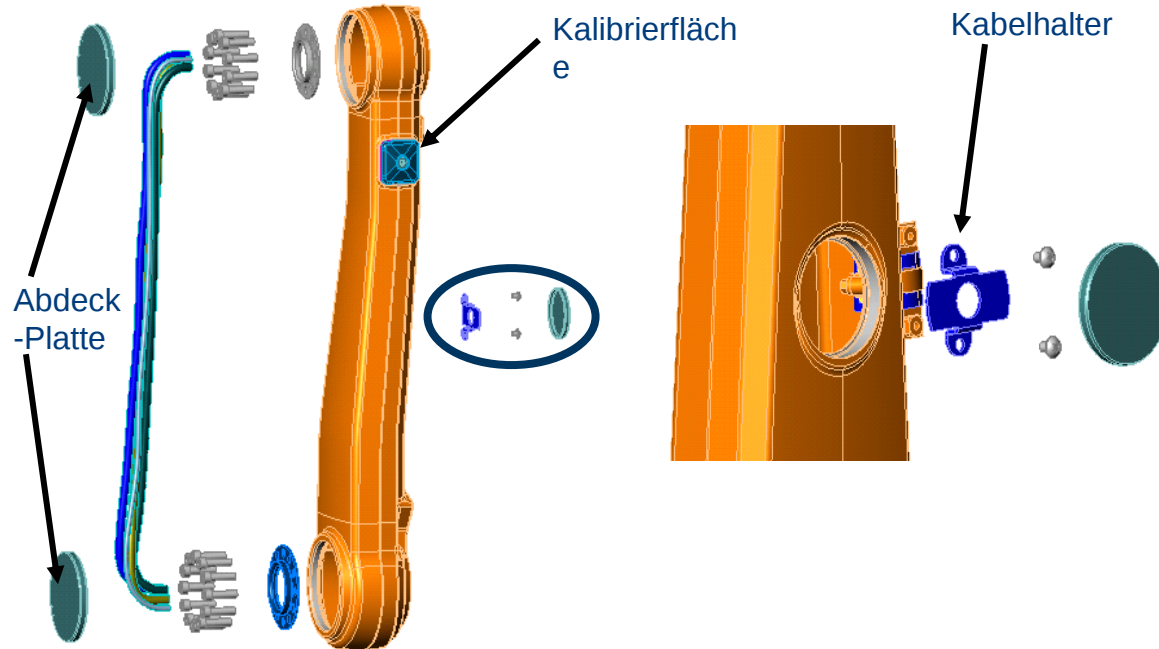
Quelle: ABB

MANIPULATOR: SEITENANSICHT DES RAHMENS OHNE DECKEL



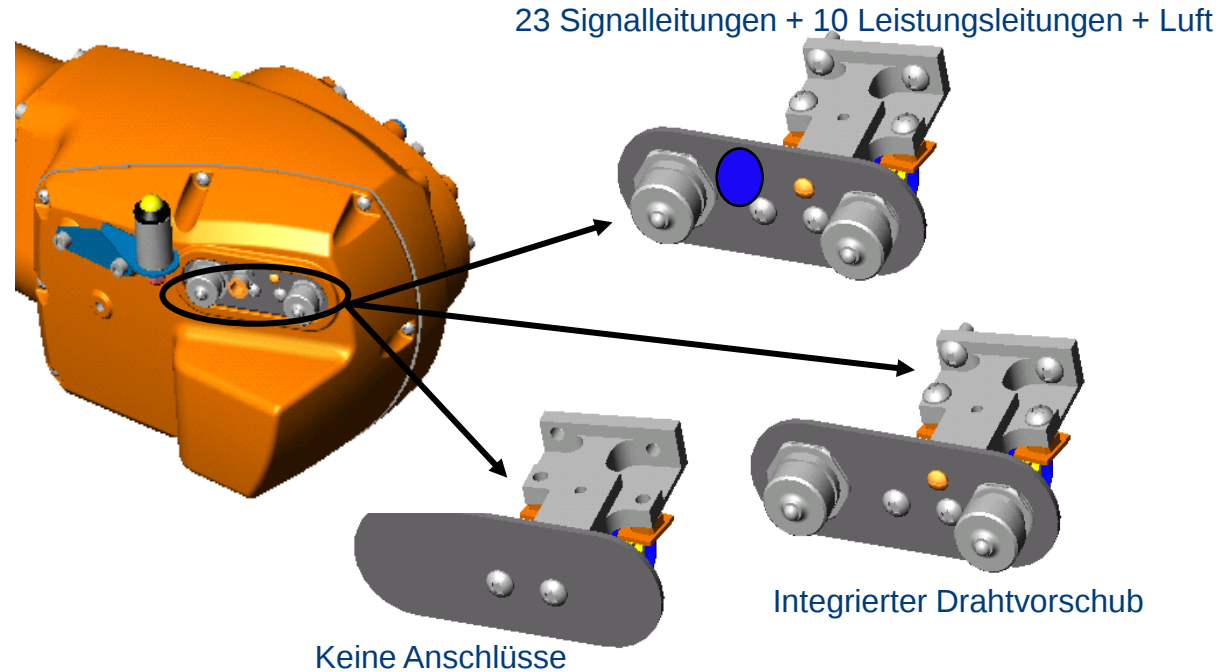
Quelle: ABB

MANIPULATOR: UNTERER ARM



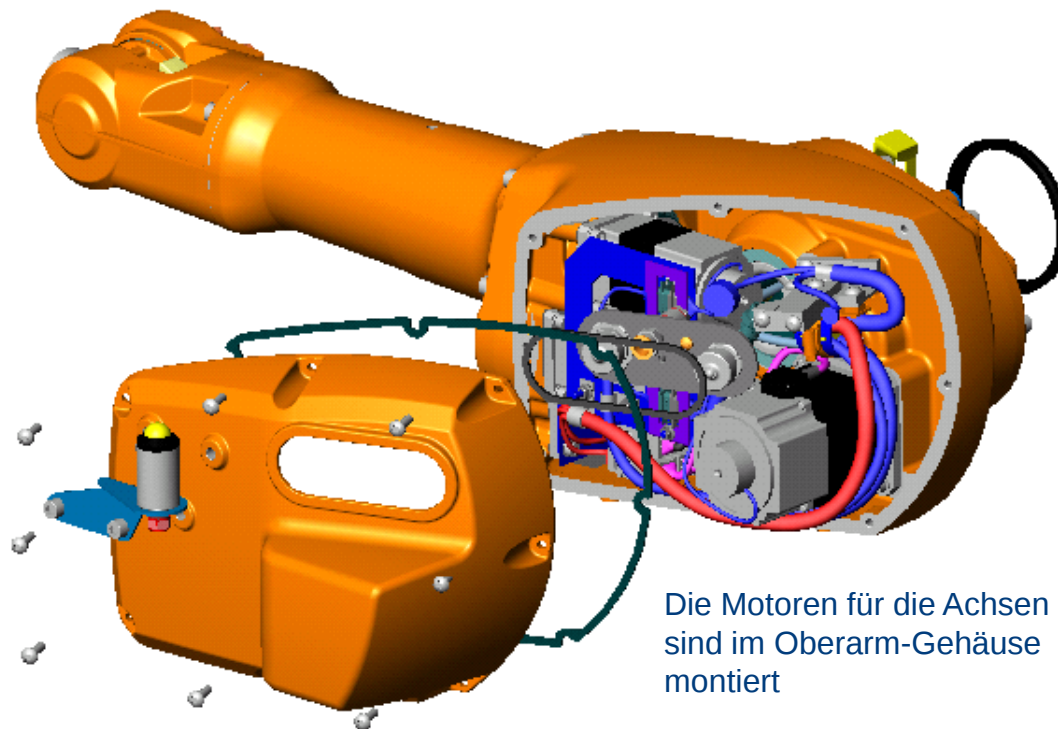
Quelle: ABB

MANIPULATOR: OBERER ARM, ANWENDUNGSSPEZIFISCHE ANSCHLÜSSE



Quelle: ABB

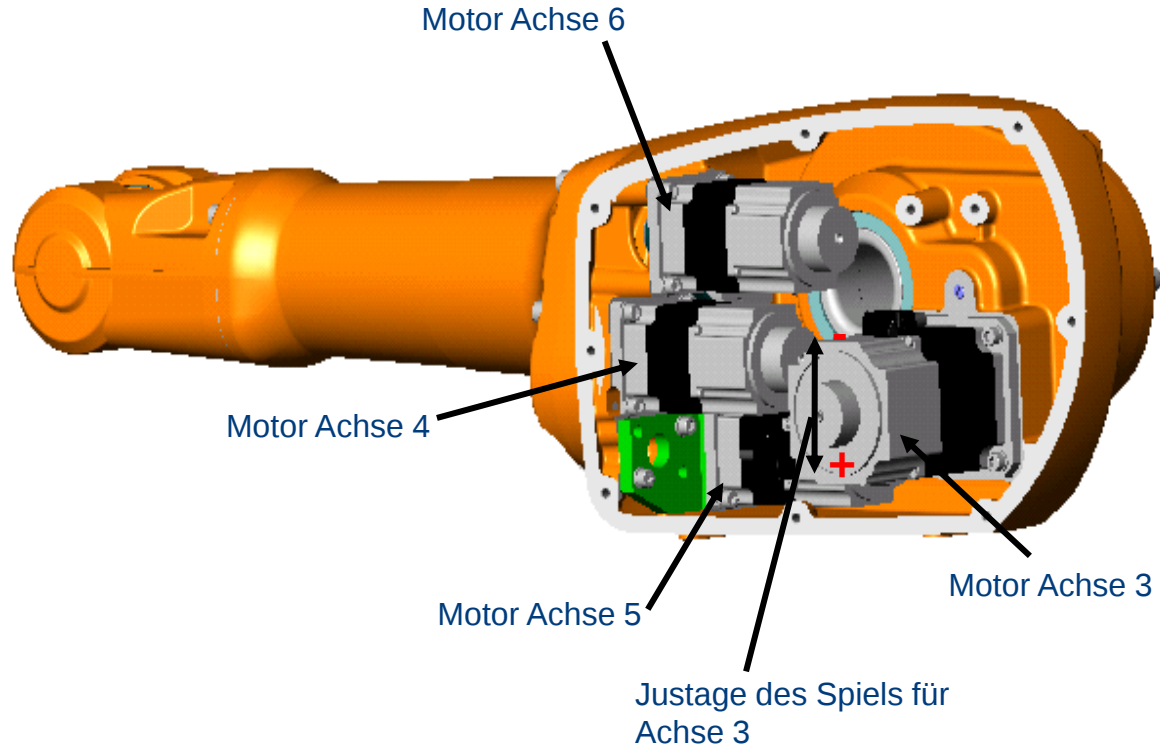
MANIPULATOR: OBERER ARM



Die Motoren für die Achsen 3 - 6
sind im Oberarm-Gehäuse
montiert

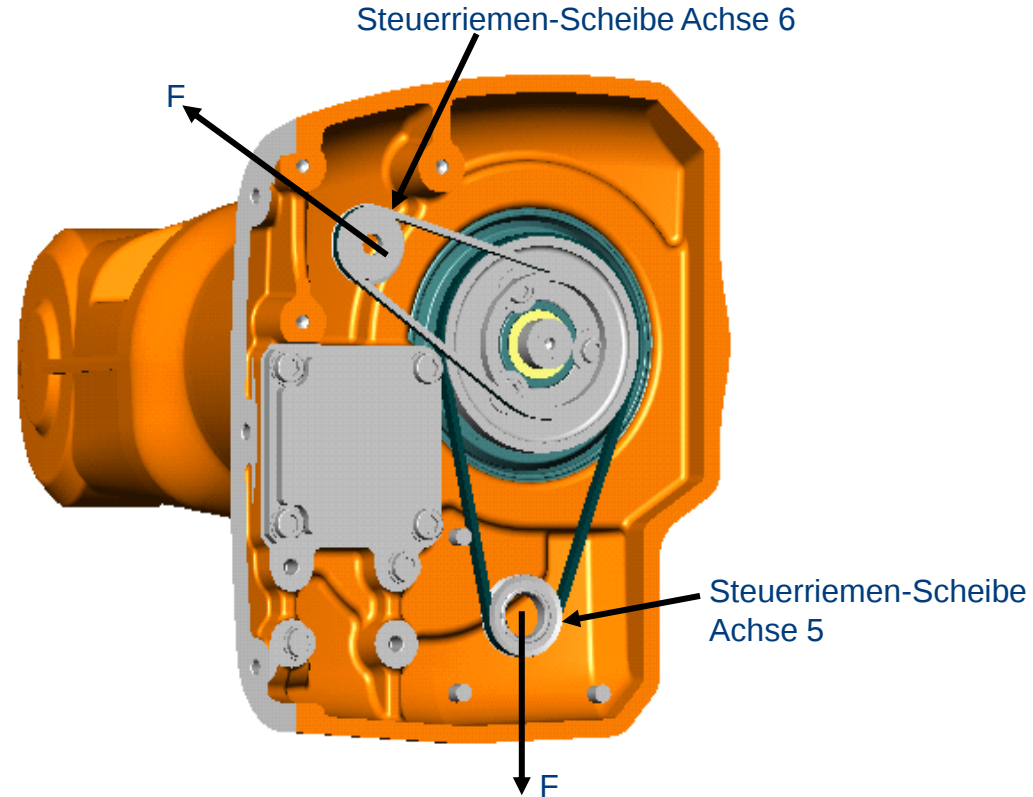
Quelle: ABB

MANIPULATOR: OBERER ARM, MOTOREN



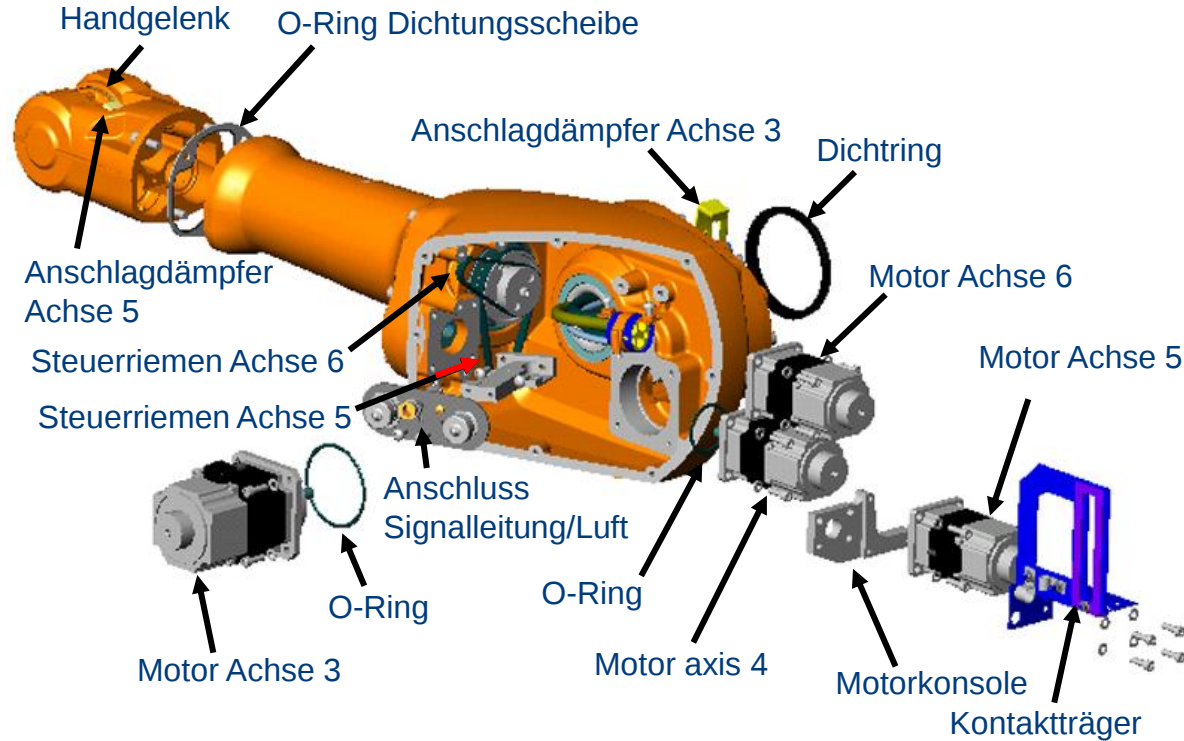
Quelle: ABB

MANIPULATOR: OBERER ARM, RÜCKANSICHT



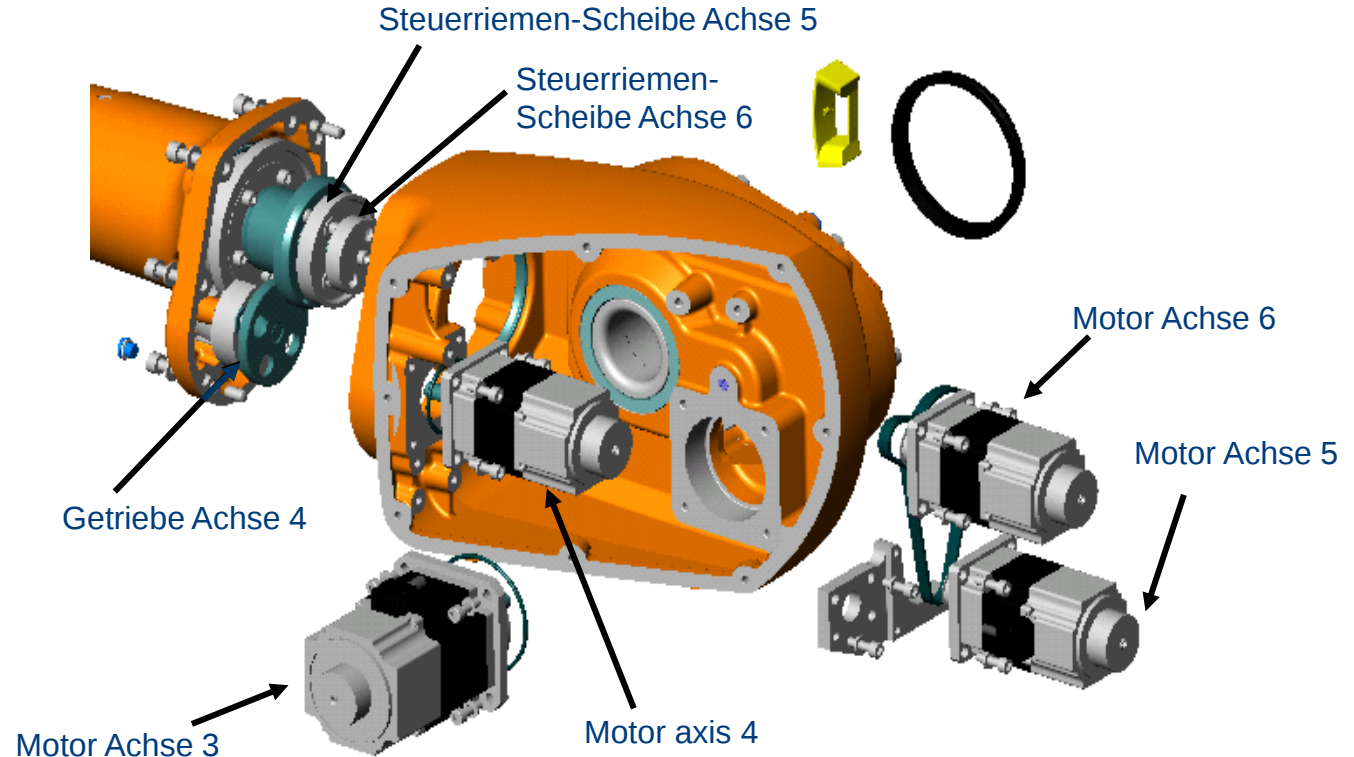
Quelle: ABB

MANIPULATOR: OBERER ARM, EXPLOSIONSSKIZZE



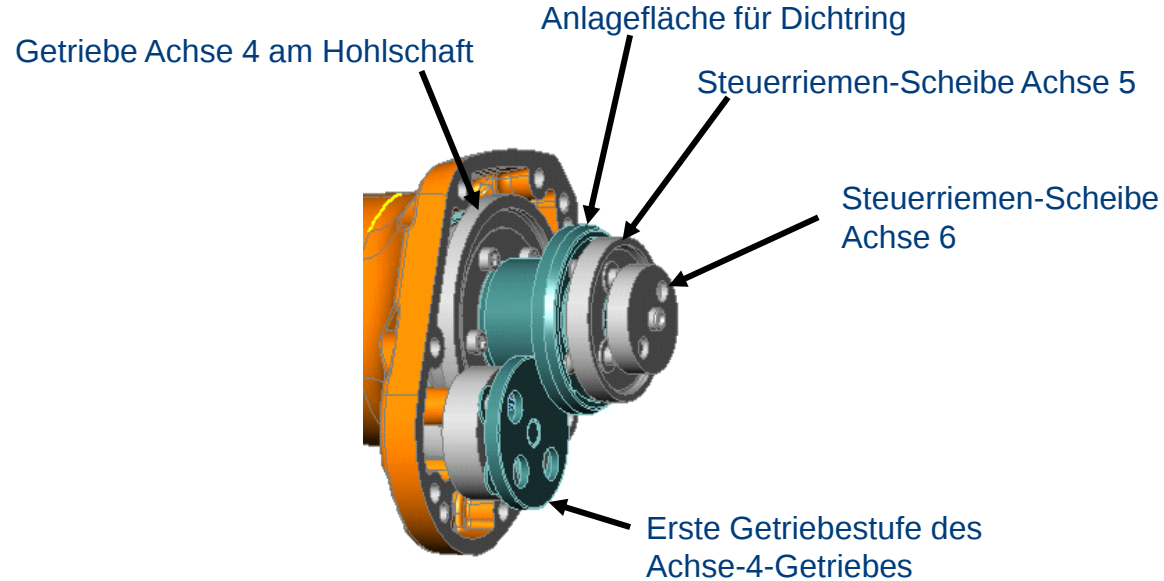
Quelle: ABB

MANIPULATOR: OBERER ARM, EXPLOSIONSSKIZZE ACHSE 4



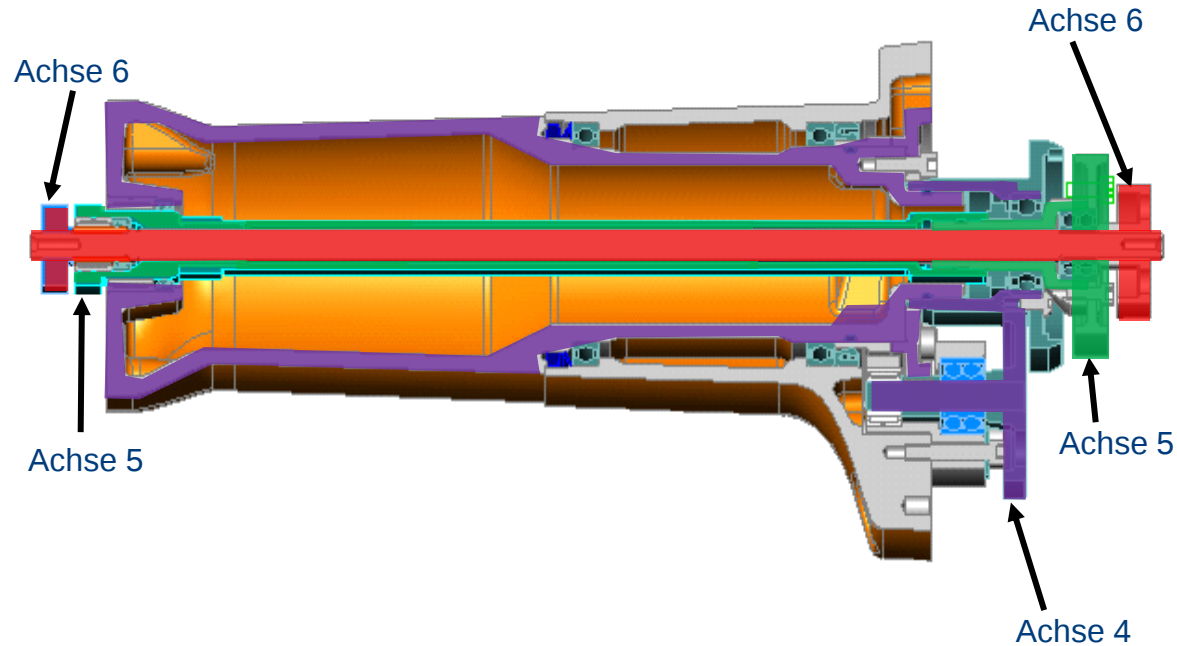
Quelle: ABB

MANIPULATOR: ANTRIEBSEINHEIT DER ACHSE 4 - 6



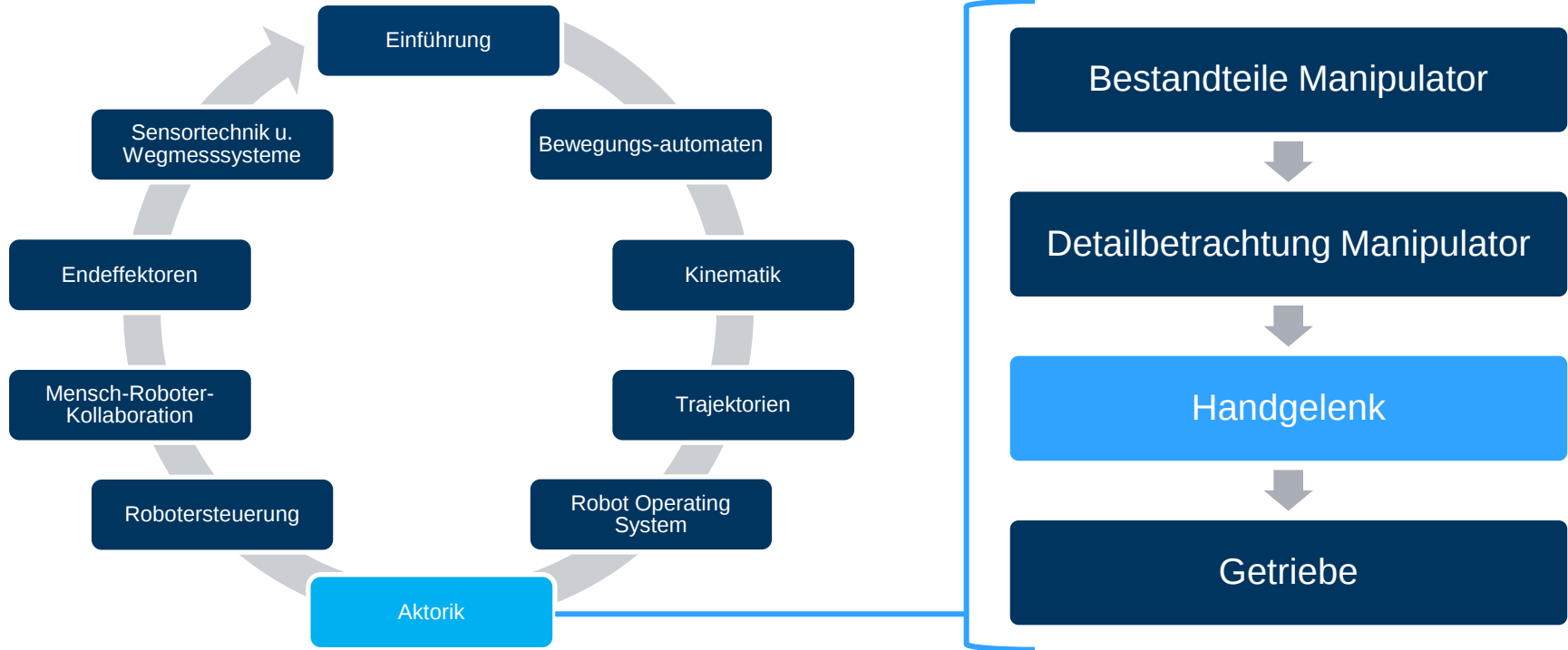
Quelle: ABB

MANIPULATOR: HOHLSCHAFT, SCHNITTZEICHNUNG



Quelle: ABB

VORLESUNGSIHALTE



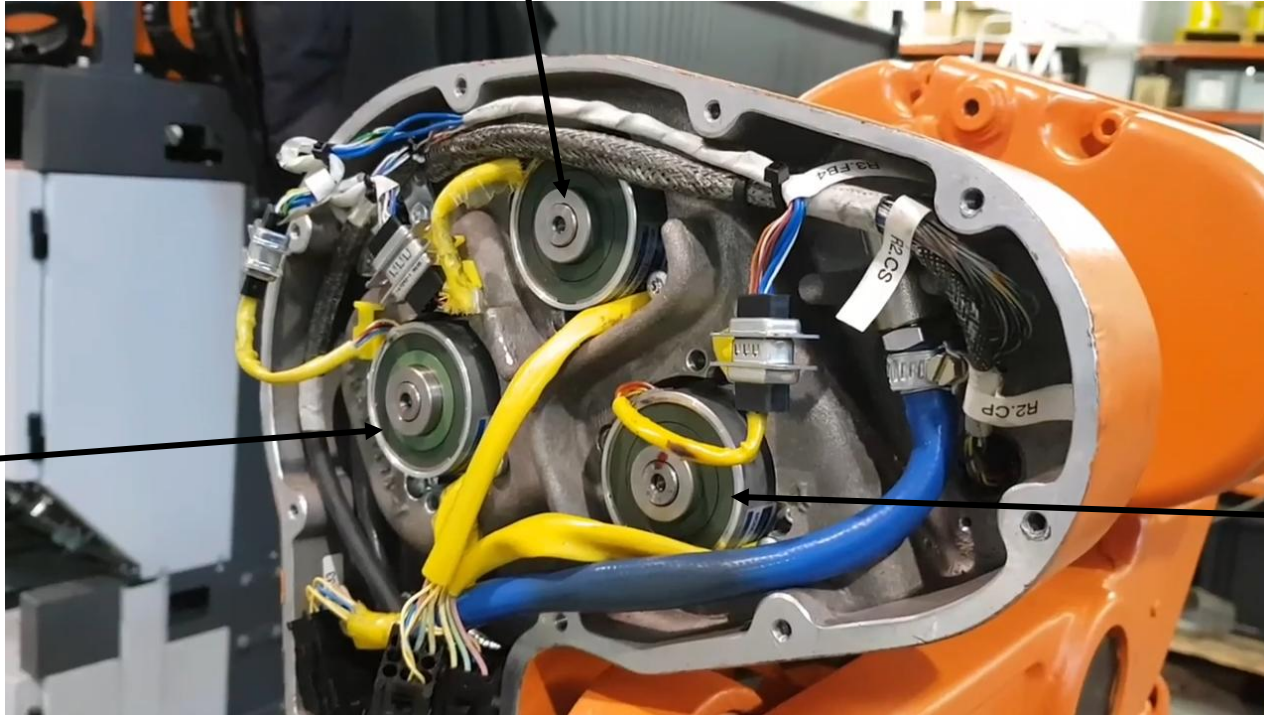
BEISPIEL: MOTORBEWEGUNG HANDGELENKACHSE



Achse 6

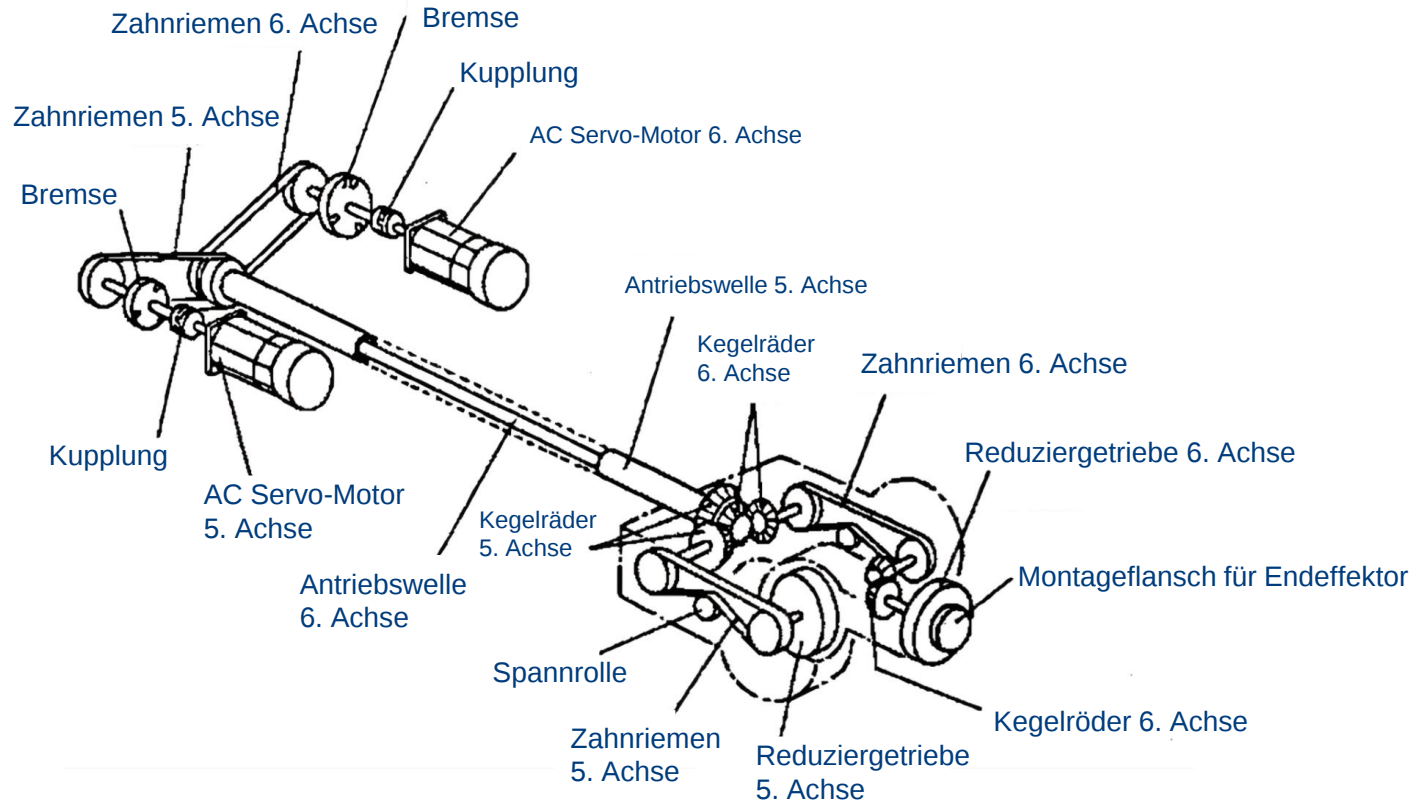
Achse 5

Achse 4

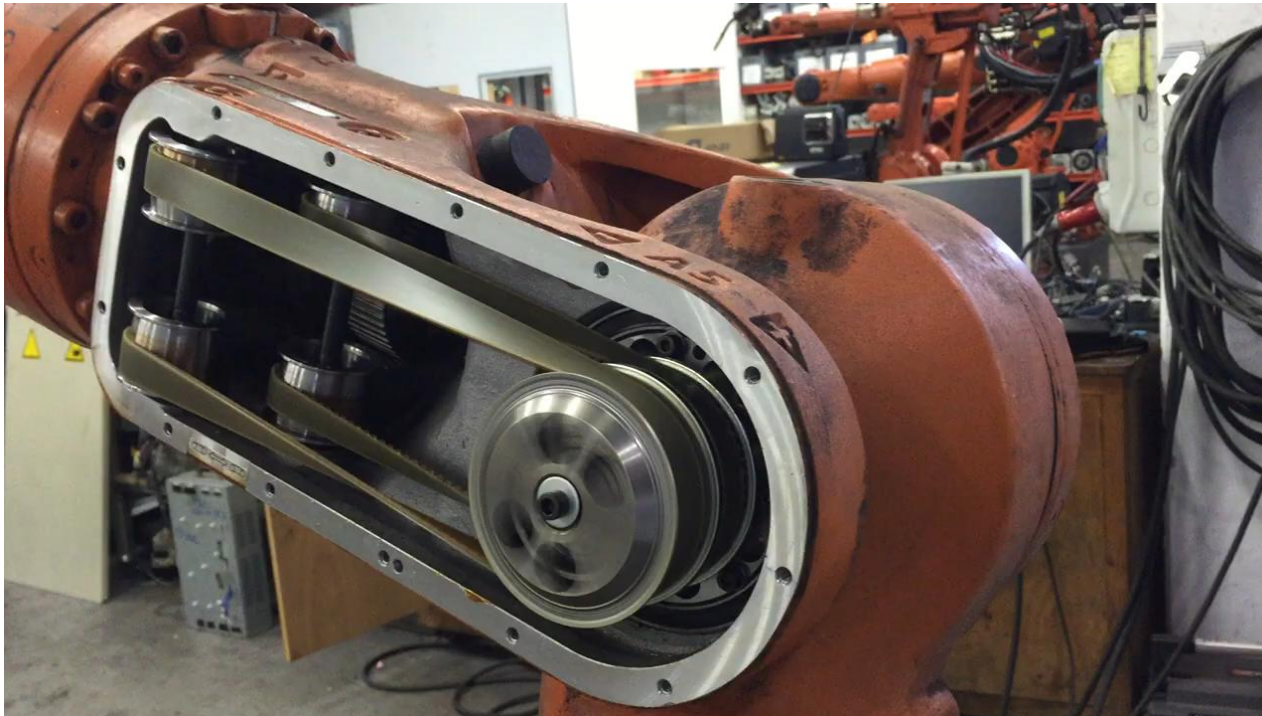


Quelle: [Inner view of the IRB2400 industrial robot arm - YouTube](#)

HANDACHSENANTRIEB EINES KNICKARMROBOTERS



BEISPIEL: HANDACHSENANTRIEB KUKA



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=HXJOnWBbcwM>

ROBOTERHANDGELENK AUFBAU GETRIEBE



Fanuc



ABB



Kuka



Yaskawa

Quelle: [ABB,KUKA,FANUC,YASKAWA Robot joint gearbox work speed](#)

HANDGELENKS-KONZEPT: MOTOREN IM HANDGELENK

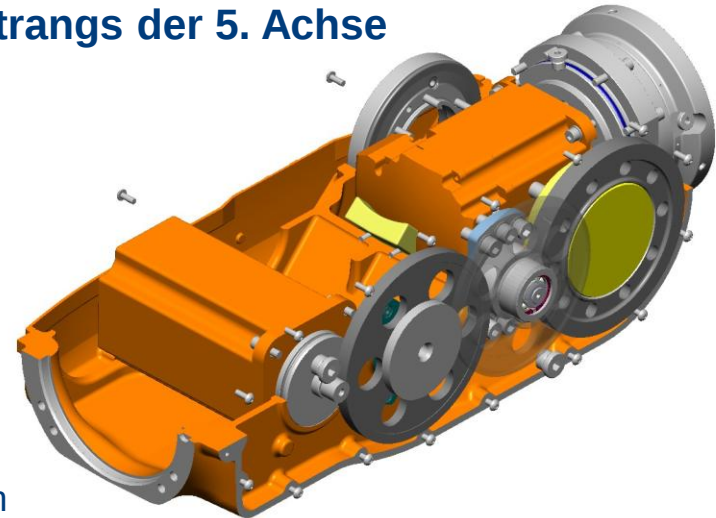


Vorteile:

- Modulare Oberarm-Länge durch einfachen Tausch des Schaftes
- Einfacher Aufbau der 6. Achse (Motor sitzt direkt am Getriebe)
- Kostengünstige Gestaltung des Getriebestrangs der 5. Achse
- Einfache und robuste Technologie

Nachteile:

- Hohe bewegte Masse
- Störkontur des Handgelenks



Motoren und Getriebe im Handgelenk, nur Anschlussleitungen müssen geroutet werden

Quelle: ABB

HANDGELENKS-KONZEPT: MOTOREN AM HINTEREN ARMTEIL

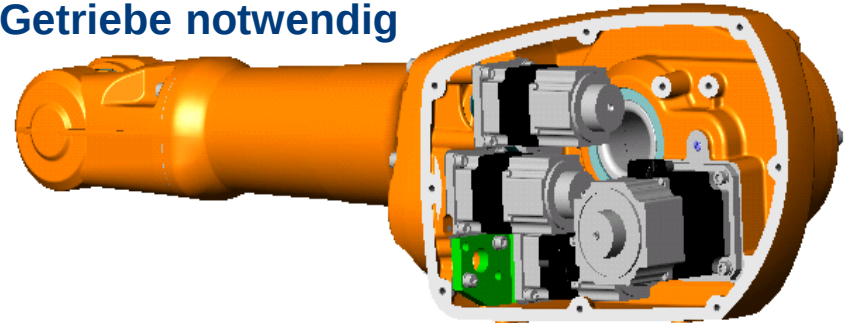


Vorteile:

- Geringere bewegte Masse
- Kompakte Maße des Handgelenks → gute Störkontur

Nachteile:

- Relativ teure RV- oder Harmonic-Drive-Getriebe notwendig



Motoren am hinteren Teil des Arms, konzentrische Antriebsachsen führen durch den Armschaft zum Handgelenk

Quelle: ABB

HANDGELENKS-KONZEPT: MOTOREN AM HINTEREN ARMTEIL



- **RV- oder HD-Getriebe wegen der kompakten Bauweise**
- **RV = Radial Vektor = Zykloid-Getriebe**
 - RV-Getriebe haben im Gegensatz zu Harmonic Drive (HD) Getrieben keine Selbsthemmung
 - HD Getriebe besitzen ein wesentlich geringeres Schockmoment
- **Große Roboter: KUKA, Fanuc und Motoman verbauen die Motoren am hinteren Armteil**
- **Kleinere Roboter: Außer KUKA verbauen alle Hersteller die Motoren im Handgelenk (für Achsen 5 und 6)**

WOFÜR EINE AUSGLEICHSKRAFT (BALANCER) VERWENDEN?



Unterschiedliche Formen:

- Gegengewicht
- Druck- oder Federkraftbeaufschlagter Zylinder

Vorteile:

- Kleinere Motoren und Getriebe
- Weniger Energieaufwand
- Geringere Kosten

Nachteile:

- Überkopfmontage nicht möglich
- Feder-Typ wirkt nur auf Achse 2
- Masse-Typ wirkt nur auf Parallel-link der Achse 3



Quelle: ABB

AUSGLEICH VON GEWICHTSKRÄFTEN AN ROBOTERARMEN

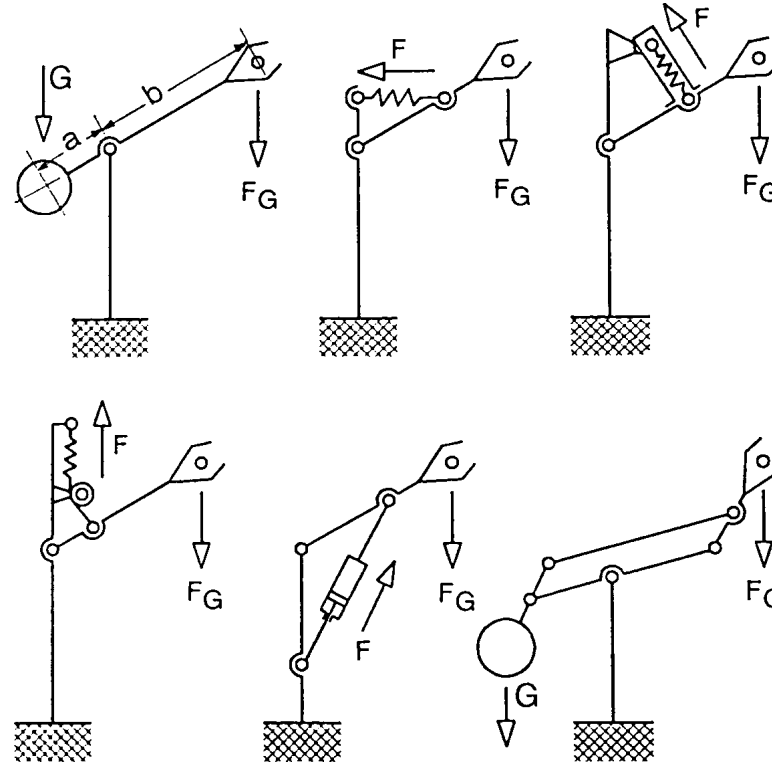


- a) Gegenmasse
- b) Federausgleich
- c) Federglied
- d) Seil-Feder-Kombination
- e) Schubkolbenausgleich
- f) Gegenmasse und Parallelogrammgestänge

F: Ausgleichskraft

G: Gewichtskraft

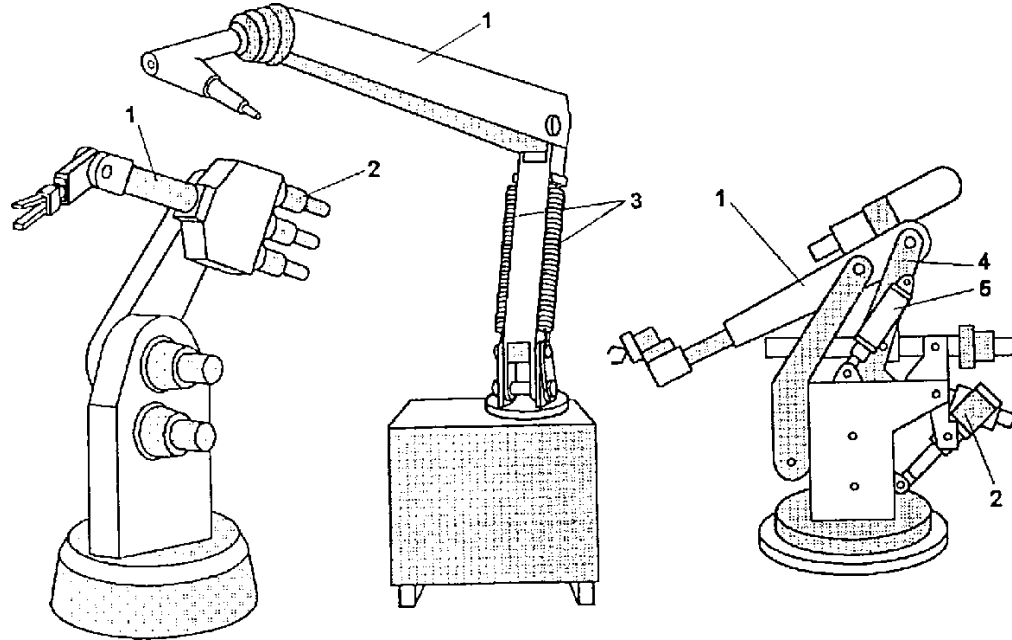
F_G : Am Greifer wirkende Gewichtskraft



BEISPIELE FÜR DEN MASSENAUSGLEICH AN ROBOTERARMEN



- 1: Unterarm
- 2: Antriebsmotor
- 3: Feder
- 4: Armgestänge
- 5: Ausgleichs-
zylinder



Antriebsmotoren als
Gegenmasse

Federausgleich am
Oberarm angebaut

Schubkolben
ausgleich

WOFÜR EINE AUSGLEICHSKRAFT (BALANCER) VERWENDEN?



- ABB verwendet die Technik bei IRB 4400, IRB 66X0 (ausgenommen 6620), IRB 7600
- KUKA verwendet Gas-Hydraulik-Zylinder für die größeren Roboter
- Andere Hersteller vergleichbar



ABB IRB 4400



KUKA Titan

DERZEIT VERWENDETE WERKSTOFFE FÜR ROBOTER



Sphärolitischer Grauguss

- Grundstruktur: Basis, Hauptgetriebegehäuse, Arme, Handgelenkgehäuse...

Grauguss

- Weniger belastete Bauteile: Ausgleichsgewicht....

Aluminium Sandguss

- Bauteile der Grundstruktur kleinerer Roboter: Arme, Handgelenkgehäuse ...

Aluminium Spritzguss

- Weniger belastete Bauteile: Deckel, Kabelhalterungen...

Aluminium Schwerkraftguss

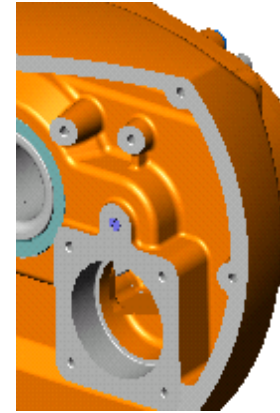
- Einfache aufgebaute, hochbelastete Struktur-Bauteile: Handgelenkgehäuse, selten verwendet

Kunststoff

- Deckel, Führungen, Anbauteile

Verbundwerkstoffe (Kohlefaser)

- Oberer Arm bei KUKA Palletierroboter
- Arme des ABB IRB 360



Quelle: ABB

DERZEIT VERWENDETE WERKSTOFFE FÜR ROBOTER



Anmerkungen:

- Die geringe Temperaturstabilität von Aluminium wirkt sich negativ auf die Genauigkeit eines Manipulators aus
- Verbundwerkstoffe sind teuer
- Sphärolitischer Grauguss ist ein Grauguss mit Kugelgraphit-Zusatz, was die Duktilität des Werkstoffs verbessert

DERZEIT VERWENDETE WERKSTOFFE FÜR ROBOTER



ABB, Fanuc, Motoman

- Große Roboter: Hauptsächlich Sphärolitischer Grauguss
- Kleine bis mittlere Roboter: Oberer Arm aus Aluminium

Ausnahme:

- KUKA: Alle Roboter bestehen hauptsächlich aus Aluminium



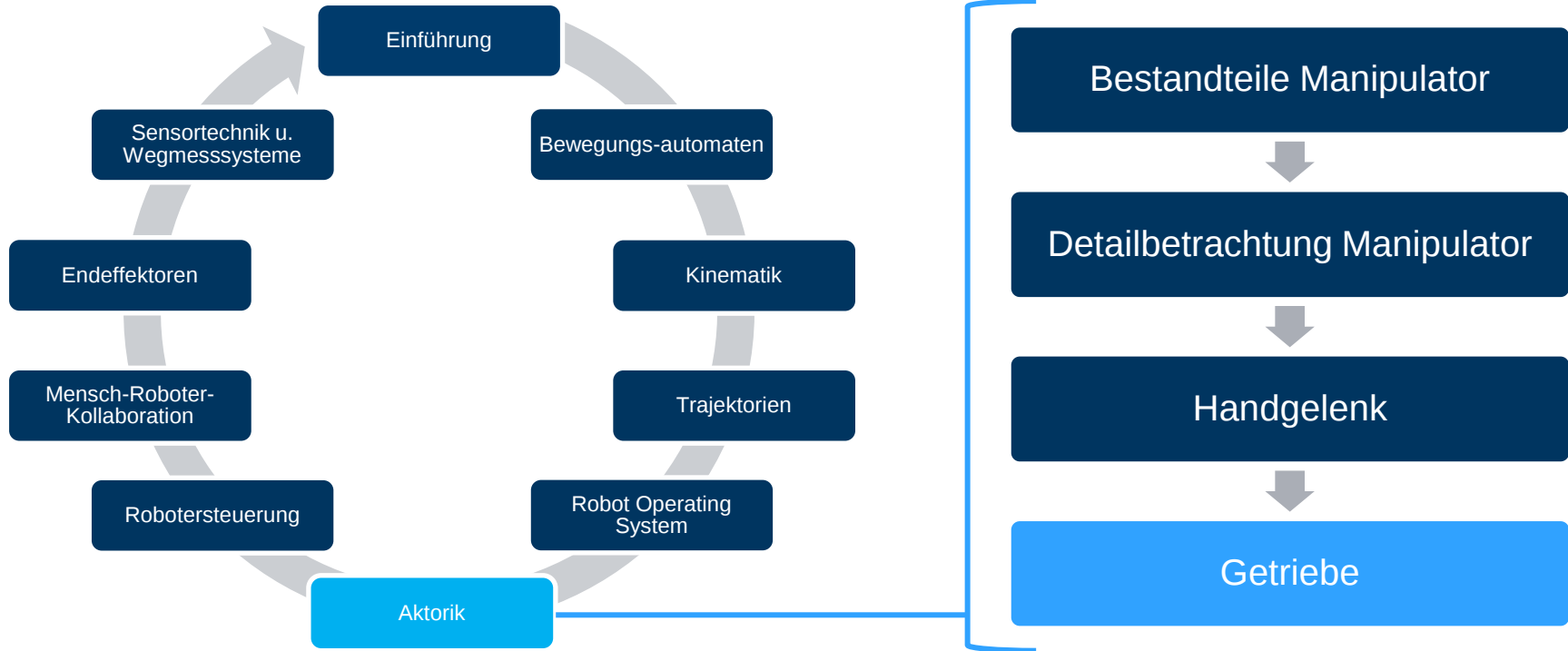
Quellen: Kuka, ABB, Motoman, Fanuc

DERZEIT VERWENDETE WERKSTOFFE FÜR ROBOTER



- **Zur Ausnahme KUKA:**
- **Kleine Roboter (bis 5 kg Traglast) bestehen fast ausschließlich aus Aluminium und Kunststoff**
- **Grundgestelle sind immer aus Grauguss-Legierungen, aufgrund der besseren Dämpfungseigenschaften**
- **Ab der Klasse „niedrige Traglasten“ (5-16 Kg) bis hin zu den Schwerlastrobotern bestand bis vor 2 Jahren fast der gesamte Roboter aus Aluminium**
 - Bei den ganz schweren Traglasten (z. B. KR 1000) wurde davon abgewichen und Grauguss als Schwingenmaterial verwendet
 - Seit ca. 2 Jahren wird verstärkt auch Grauguss in der Schwinge bei anderen Robotern verwendet
- **Die Oberarme und Handgelenke sind immer aus Aluminium**
 - (Aussage Timo Waigel, Kuka Roboter GmbH)

VORLESUNGSIHALTE



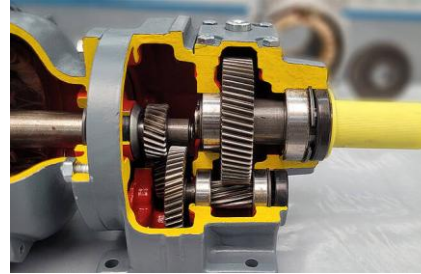
GETRIEBEARTEN



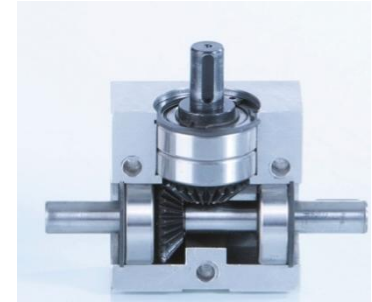
Zahnriemengetriebe



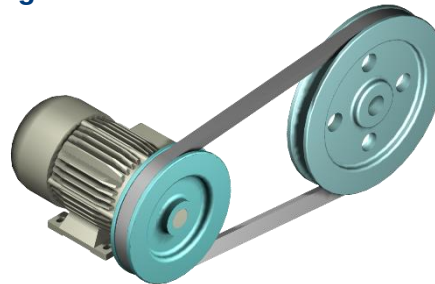
Zykloid-Getriebe



Stirnradgetriebe



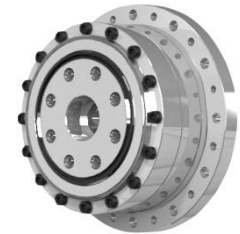
Kegelradgetriebe



Reibriemengetriebe



Planetengetriebe



Harmonic-Drive

Quelle: [KEB](#) , [Nabtesco](#) , [NOZAG](#) , [Schweizer FN](#) , [LOGISTRA](#) , [DESCH](#) ,

STIRNRADGETRIEBE



Prinzip:

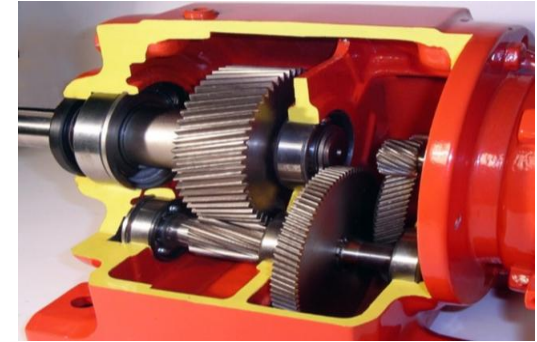
- Zwei oder mehr Zahnräder mit geraden oder schrägen Zähnen greifen direkt ineinander. Die Drehbewegung wird von einer Welle auf die andere übertragen.

Mechanik:

- Die Zähne übertragen die Kraft formschlüssig. Bei Schrägverzahnung entsteht eine axiale Kraftkomponente, die besondere Lagerung erfordert.

Besonderheit:

- Die Achsen sind parallel – das macht Stirnradgetriebe ideal für lineare Antriebsstränge.



Dreistufiges Stirnradgetriebe



Schaltbares Stirnradgetriebe

Quelle: Wikimedia Commons

STIRNRADGETRIEBE



Einsatzbereiche:

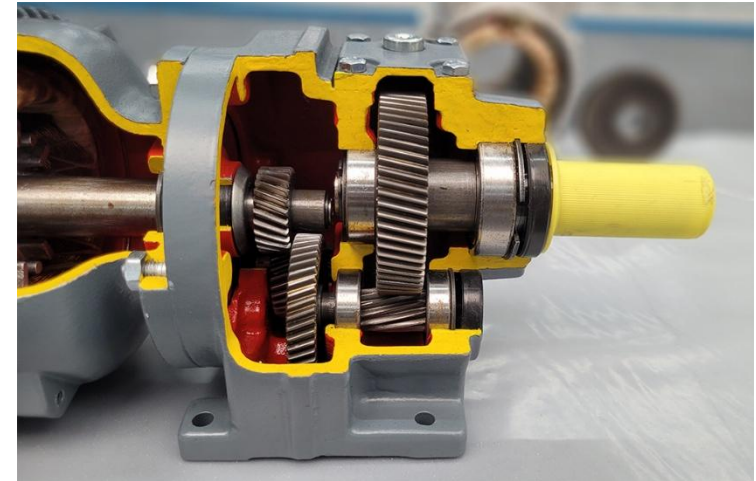
- Basisachsen von Industrierobotern
- Förderanlagen
- Flurförderfahrzeuge
- Oft als Vorschaltgetriebe für Antriebsmotoren

Vorteile:

- Einfache Bauweise
- Kostengünstige Fertigung der Außenverzahnung
- Hoher Wirkungsgrad
- Wartungsarm

Nachteile:

- Nur kleine einstufige Übersetzungen möglich
- Geringe Leistungsdichte
- Geringe Laufruhe / Geräuschentwicklung



STIRNRADGETRIEBE



ABB IRB 6300
M2000 „REX“ mit
Stirnradgetrieben



Mehrstufiges
Stirnradgetriebe
der Achse 2

Quelle: Solostocks.com

GETRIEBEARTEN: KEGELRADGETRIEBE



Prinzip:

- Zwei konisch geformte Zahnräder stehen meist im 90°-Winkel zueinander. Die Drehbewegung wird über die schräg verlaufenden Zähne übertragen.

Mechanik:

- Die Zahnräder müssen exakt ausgerichtet sein, da schon kleine Versätze zu erhöhtem Verschleiß führen.

Besonderheit:

- Ideal zur Umlenkung von Bewegungen in engen Bauräumen.

Kegelradgetriebe im nicht geschaltetem Zustand



Quelle: Sächsisches Industriemuseum Chemnitz

KEGELRADGETRIEBE



Einsatzbereiche:

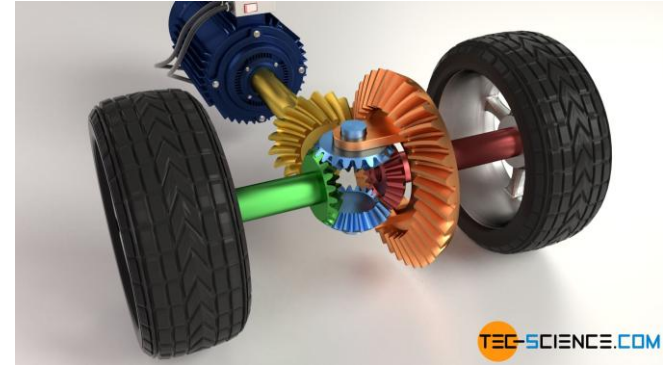
- Differenzialgetriebe (Ausgleichsgetriebe)
- Zur Umlenkung der Drehrichtung
- Fördertechnik
- Fräsmaschinen / Bearbeitungszentren
- Roboter

Vorteile:

- Hoher Wirkungsgrad auch bei hohen Übersetzungen
- Hohe Leistungsdichte

Nachteile:

- Hohe Übersetzungen erfordern großen Bauraum
- Reagieren empfindlich auf Einstellungsfehler
- Geringe Laufruhe / Geräuschentwicklung



REIBRIEMENGETRIEBE



Prinzip:

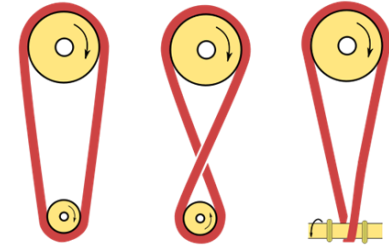
- Ein glatter Riemen läuft über zwei (oder mehr) Riemenscheiben. Die Kraft wird durch Reibung zwischen Riemen und Scheibe übertragen.

Mechanik:

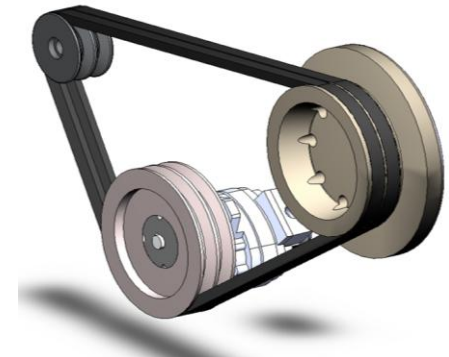
- Die Vorspannung des Riemens ist entscheidend für die Kraftübertragung. Schlupf kann auftreten.

Besonderheit:

- Stoßdämpfend und leise, aber nicht für präzise Positionierung geeignet.



Riemenführung



Keilriemengetriebe

Quelle: Wikimedia Commons, Hans Hege



Einsatzbereiche

- SCARA-Roboter
- Werkzeugmaschinen
- Als Kupplung

Vorteile

- Laufruhe und Stoßdämpfende Eigenschaften
- Nahezu wartungsfrei
- Hohe Leistungsdichte bei geringem Gewicht
- Geringe Kosten

Nachteile

- Hoher Schlupf, deswegen für Steuerungsaufgaben ungeeignet
- Dehnung des Riemens erfordert Nachspannung
- Empfindlichkeit gegen äußere Einflüsse (Öl, hohe Temperaturen)
- Hohe Wellenbelastung

ZAHNRIEMENGETRIEBE



Prinzip:

- Ein Riemen mit Zähnen greift in Zahnscheiben ein. Die Kraft wird formschlüssig übertragen – ohne Schlupf.

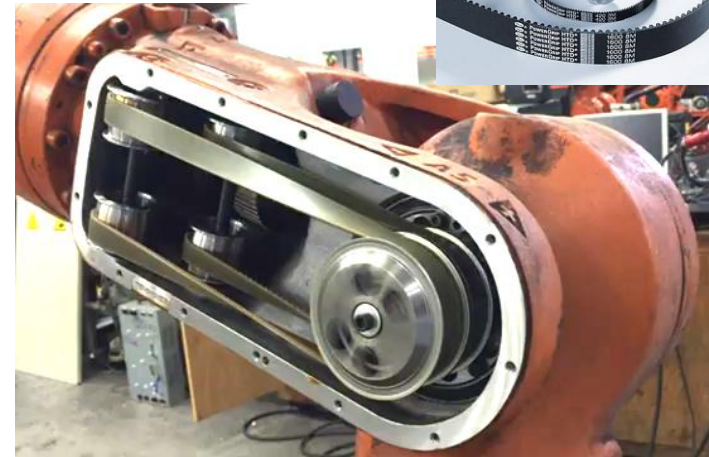
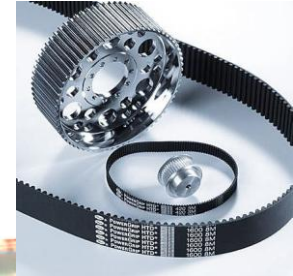
Mechanik:

- Die Synchronisation zwischen Antrieb und Abtrieb ist exakt, ideal für Positionieraufgaben.

Besonderheit:

- Kombiniert die Vorteile von Riemenantrieb (geräuscharm, leicht) mit präziser Kraftübertragung.

Zahnriemen mit
Riemenrad



Quelle: Walter Flender, Item Industrietechnik GmbH, [KUKA Kr150 inside view of the wrist](#)



Einsatzbereiche:

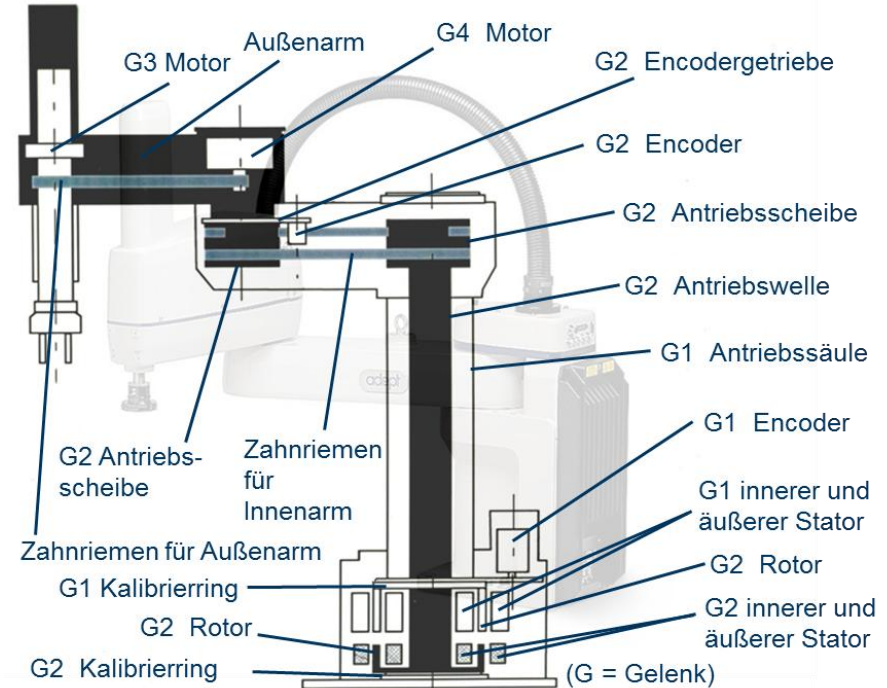
- Stelltrieb für Motorsteuerungen
- Steuerung von Robotergelenken (z. B. SCARA)
- Treibriemen zur Kraftübertragung (z. B. Linearführungen)
- Förderbänder

Vorteile:

- Hohe Laufruhe
- Über die Lebensdauer wartungsfrei
- Spielfreier Betrieb
- Exakte Taktung

Nachteile:

- Erhöhte Verlustleistung
- Geringere Drehzahl- und Belastungsgrenzen im Vergleich zu Kettengetrieben



PLANETENGETRIEBE



Prinzip:

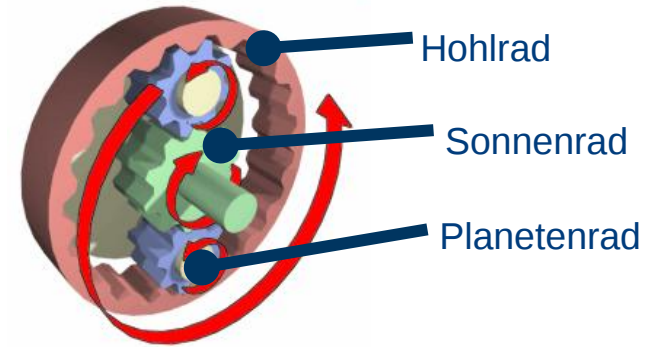
- Ein Sonnenrad in der Mitte treibt mehrere Planetenräder an, die sich im Hohlrad abstützen. Die Planetenräder rotieren um das Sonnenrad und drehen gleichzeitig das Hohlrad.

Mechanik:

- Die Last wird auf mehrere Zahnräder verteilt – das erhöht die Drehmomentkapazität und reduziert Verschleiß.

Besonderheit:

- Koaxialer Aufbau erlaubt hohe Untersetzungen bei kompakter Bauform.



Source: Rohloff AG, Eric Pierce

PLANETENGETRIEBE



Einsatzbereiche:

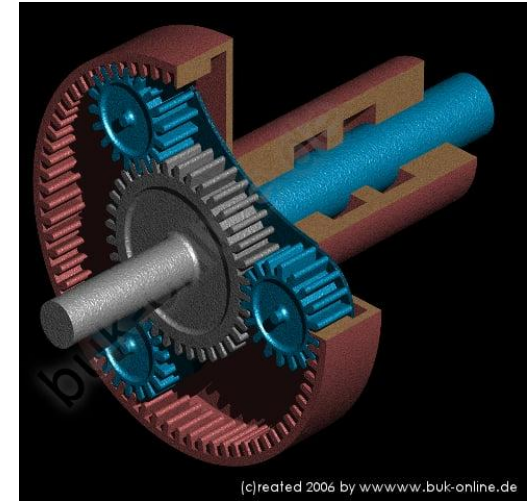
- Gelenkachsen von Robotern (als Vorstufe für ein Harmonic Drive Getriebe)
- kollaborative Roboter
- Walzwerke
- Bei Automatikgetrieben (drei Planetengetriebe hintereinandergeschaltet)

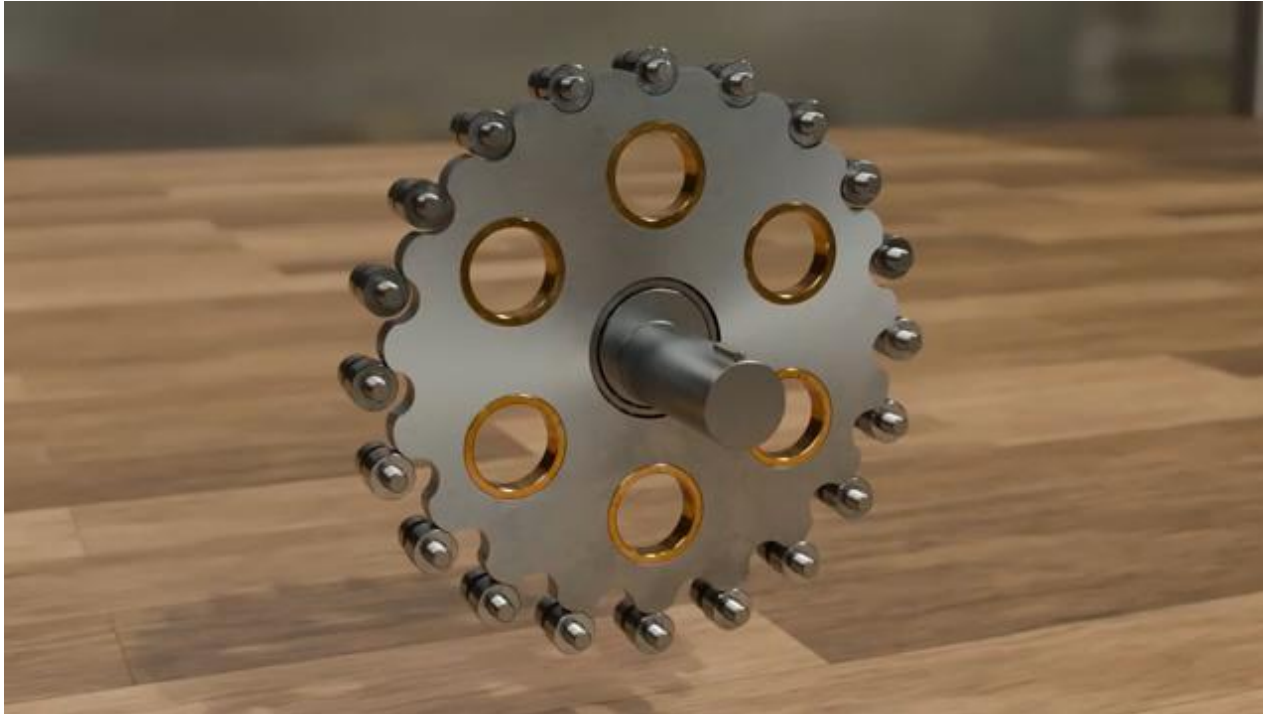
Vorteile:

- Hoher Wirkungsgrad
- Kompaktes Design / hohe Leistungsdichte
- Hohe Belastbarkeit
- Hohe Untersetzungen mit hohen Drehmomenten möglich
- Geringe Unwuchten

Nachteile:

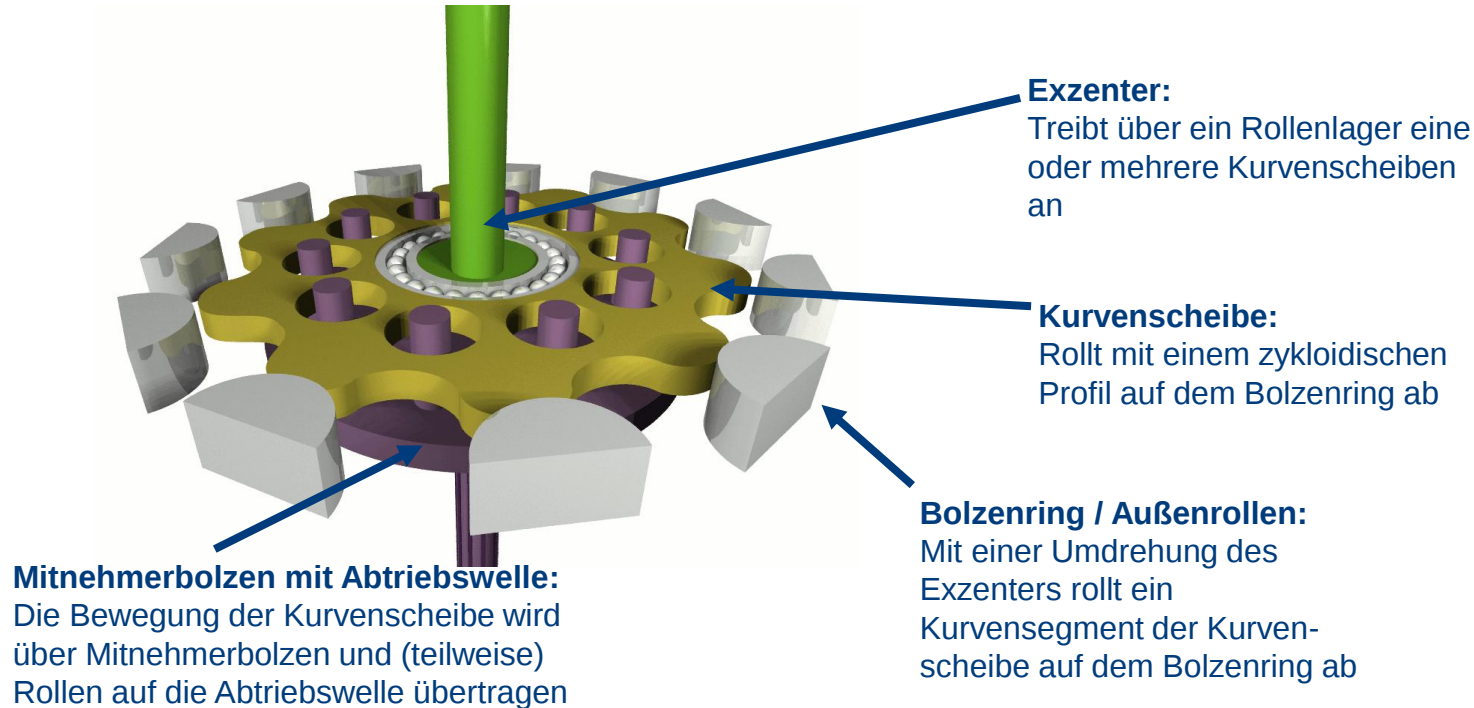
- Komplizierte Bauweise
- Höhere Anforderungen an Genauigkeit von Fertigung und Montage
- Höhere Herstellungskosten





[Wie funktioniert ein Zykloidgetriebe? | Aufbau und Funktionsweise einfach erklärt](#)

ZYKLOIDGETRIEBE: FUNKTIONSPRINZIP



Quelle: Wikimedia Commons

ZYKLOIDGETRIEBE: AUFBAU



Prinzip:

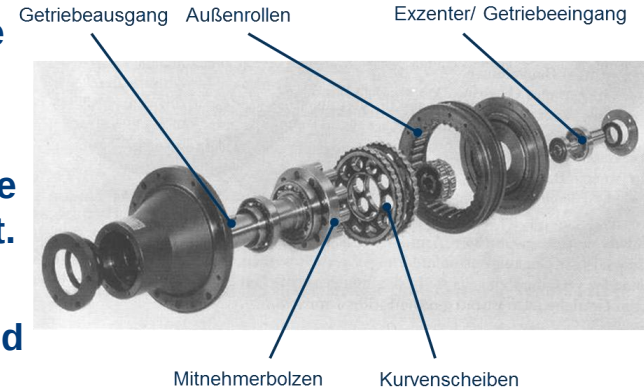
- Ein Exzenter treibt eine zyклоide Kurvenscheibe an, die über Rollkörper in einen Bolzenring eingreift. Die Bewegung wird über die Rollkörper auf die Abtriebswelle übertragen.

Mechanik:

- Die Kraftübertragung erfolgt über mehrere Kontaktpunkte gleichzeitig – das erhöht die Steifigkeit und Belastbarkeit.

Besonderheit:

- Sehr robust und präzise – ideal für Schwerlastroboter und kollaborative Systeme.



Quelle: SUMITOMO CYCLO EUROPE

ZYKLOIDGETRIEBE: EINBAUBEISPIEL



Einsatzbereiche:

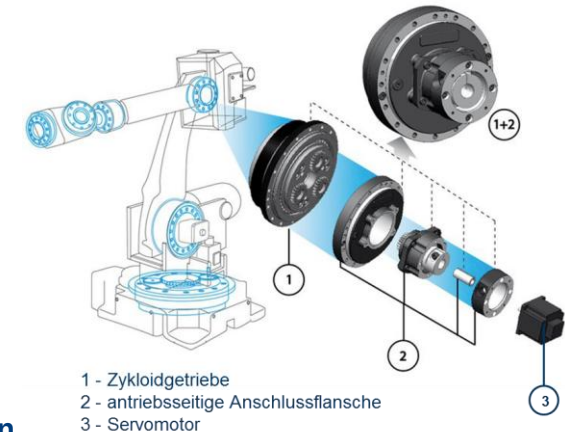
- Hochpräzise Gelenkantriebe in Industrierobotern (z. B. Knickarmroboter, Palettierer)
- Schwerlast-Kollaborationsroboter mit hohen Momentanforderungen
- Positionierachsen in Werkzeugmaschinen und CNC-Systemen
- Antriebe in fahrerlosen Transportsystemen (FTS) und mobilen Robotern

Vorteile

- Hohe Drehmomentdichte bei kompakter Bauweise
- Sehr geringe Rückstellspiel durch Mehrzahnkontakt
- Hohe Steifigkeit und Stoßbelastbarkeit
- Gleichmäßiger Lauf durch überlagerte Bewegungen
- Lange Lebensdauer bei richtiger Schmierung und Auslegung

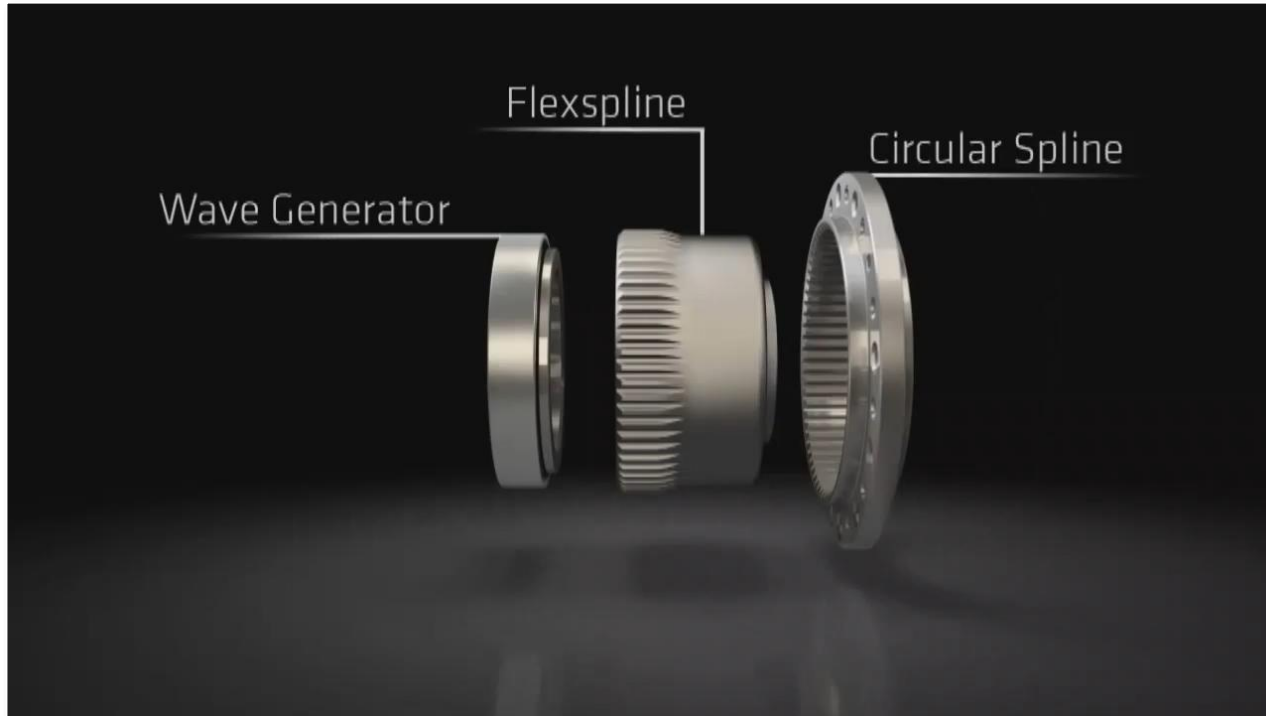
Nachteile

- Komplexere Mechanik und Fertigung im Vergleich zu konventionellen Getrieben
- Erhöhte Geräuscentwicklung bei hohen Drehzahlen
- Empfindlich gegenüber Montagefehlern (z. B. Lagervorspannung)
- Höhere Kosten als Standardgetriebe bei kleinen Stückzahlen



Quelle: Nabtesco Precision Europe GmbH

HARMONIC DRIVE GETRIEBE



Quelle: Harmonic Drive AG

HARMONIC DRIVE GETRIEBE



Prinzip:

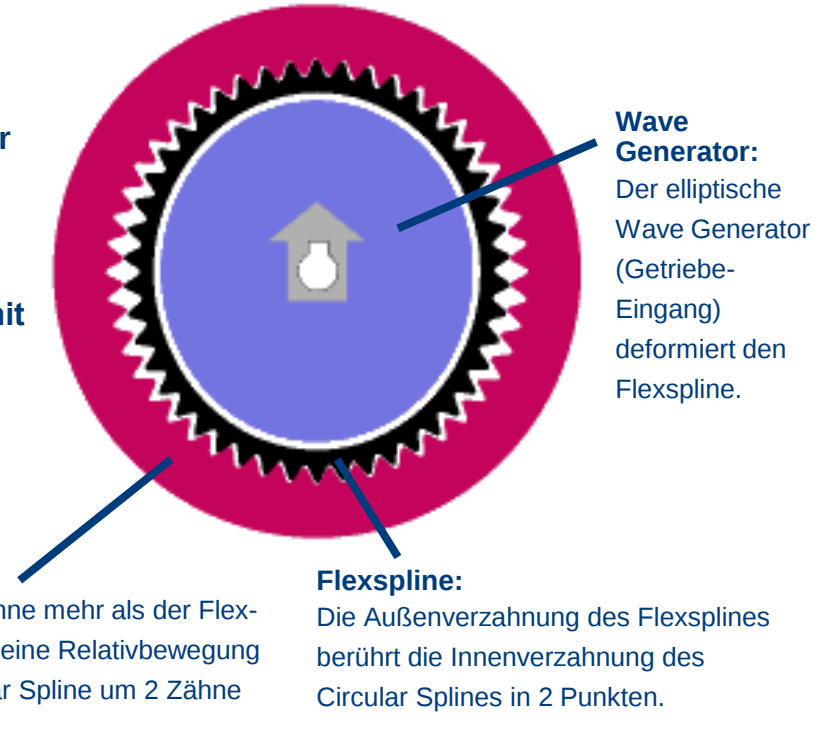
- Ein elliptischer Wave Generator verformt ein flexibles Zahnrad (Flexspline), das in ein festes Zahnrad (Circular Spline) eingreift. Die Differenz der Zähne erzeugt die Untersetzung.

Mechanik:

- Die Flexspline „taumelt“ und überträgt die Bewegung mit hoher Präzision und minimalem Spiel.

Besonderheit:

- Extrem kompakt und spielfrei – ideal für hochpräzise Robotergelenke.



Quelle: Harmonic Drive AG

HARMONIC DRIVE GETRIEBE



Einsatzbereiche:

- Präzise Gelenksteuerung in Industrierobotern (z. B. kollaborative Roboter, SCARA, humanoide Roboter)
- Aktuatoren in Exoskeletten und medizinischen Robotern
- Positionierantriebe in optischen Systemen und Antennen
- Feinsteuerung in Raumfahrtrobotik und Satellitenmechanismen

Vorteile:

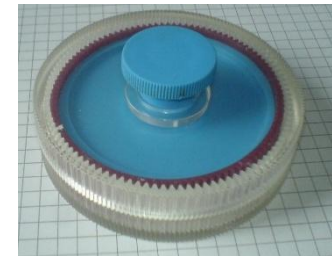
- Hohes Untersetzungsverhältnis bei kompakter Bauform
- Spielfreier Betrieb durch elastische Verformung der Flexspline
- Hohe Positioniergenauigkeit und Wiederholgenauigkeit
- Selbsthemmung bei hohen Untersetzungen (nützlich für Haltefunktionen)
- Geringes Gewicht bei hoher Drehmomentdichte

Nachteile:

- Begrenzte Lebensdauer durch Materialermüdung der Flexspline
- Empfindlich gegenüber Stoßbelastungen und Überlast
- Höhere Kosten im Vergleich zu konventionellen Getrieben



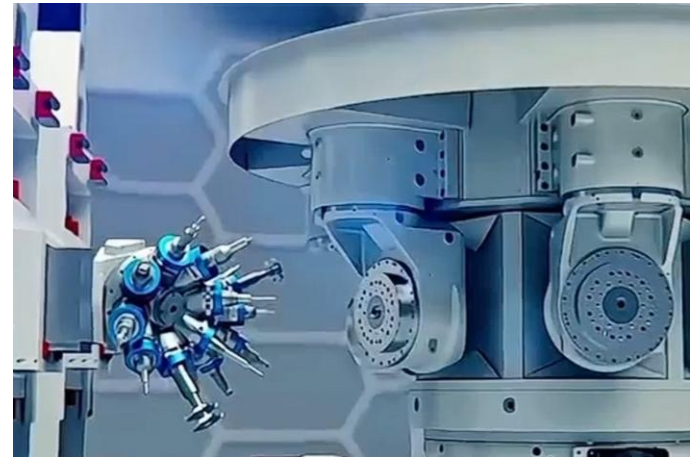
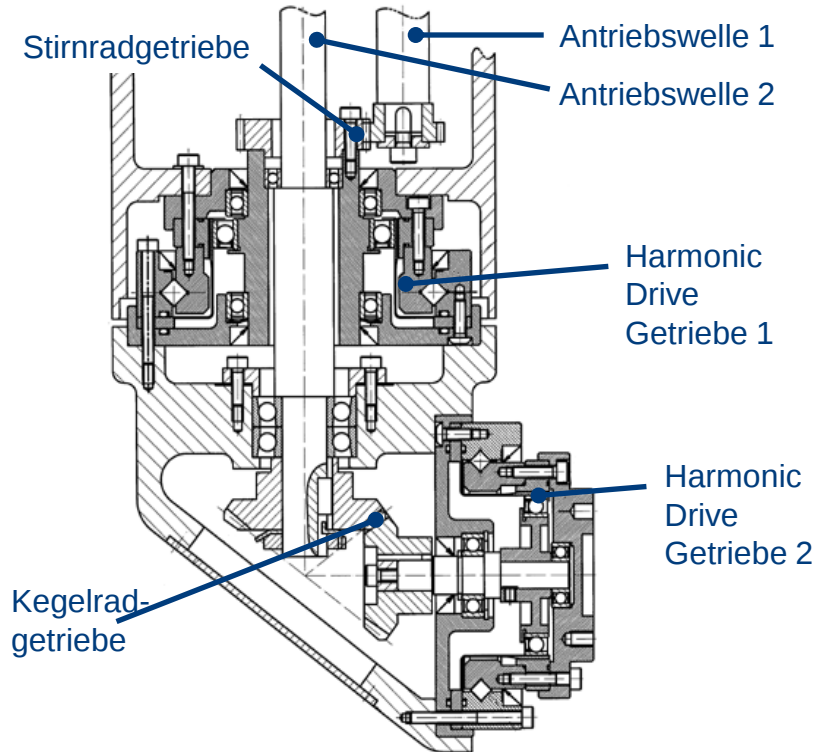
Getriebe der Firma Harmonic Drive in Einzelteilen



Modell eines Harmonic Drive Getriebes

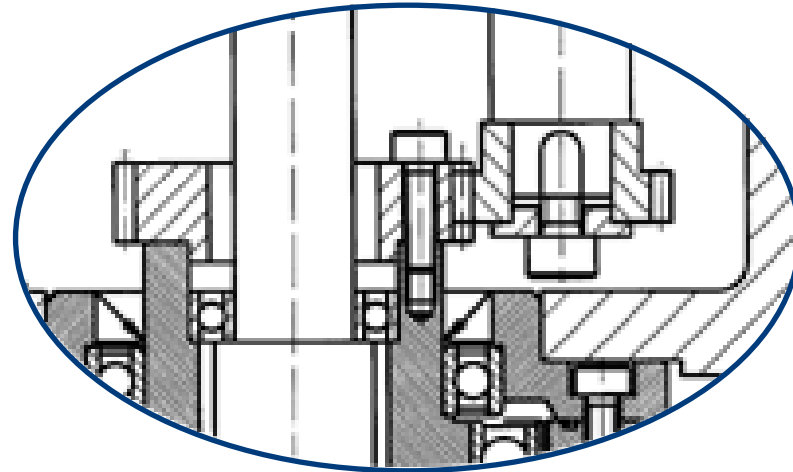
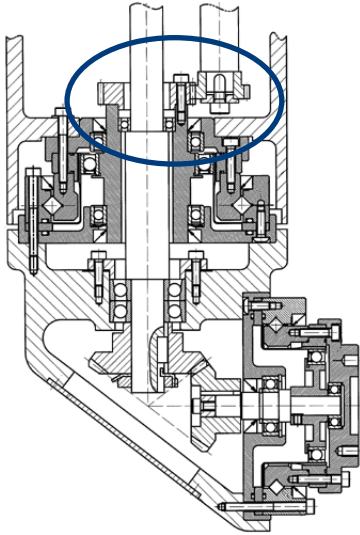
Quelle: [Harmonic Drive AG](https://www.harmonic-drive.net)

BEISPIEL: ROBOTERGETRIEBE FÜR HANDACHSEN EINES PORTALROBOTES



Quelle: [GantryRobotHandAxes.pdf](#)

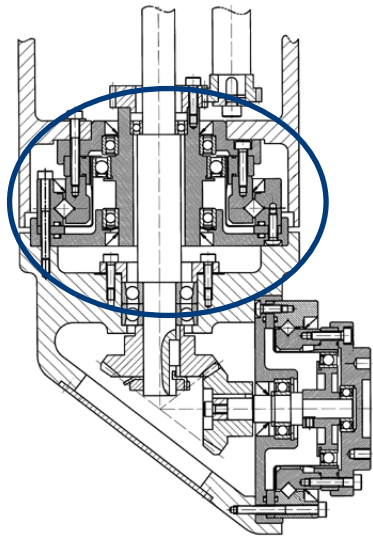
BEISPIEL ROBOTERGETRIEBE FÜR HANDACHSEN: STIRNRADGETRIEBE



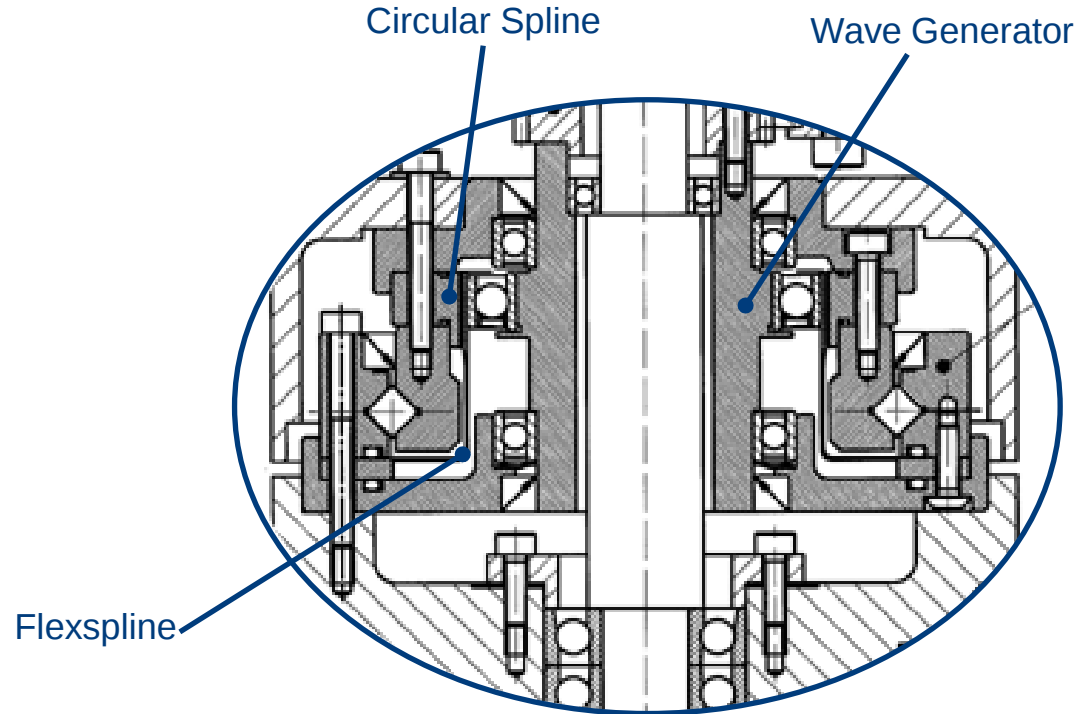
Stirnradgetriebe als Vorschaltgetriebe
für Roboter-Handachsen

Quelle: Harmonic Drive AG

BEISPIEL ROBOTERGETRIEBE FÜR HANDACHSEN: HARMONIC DRIVE

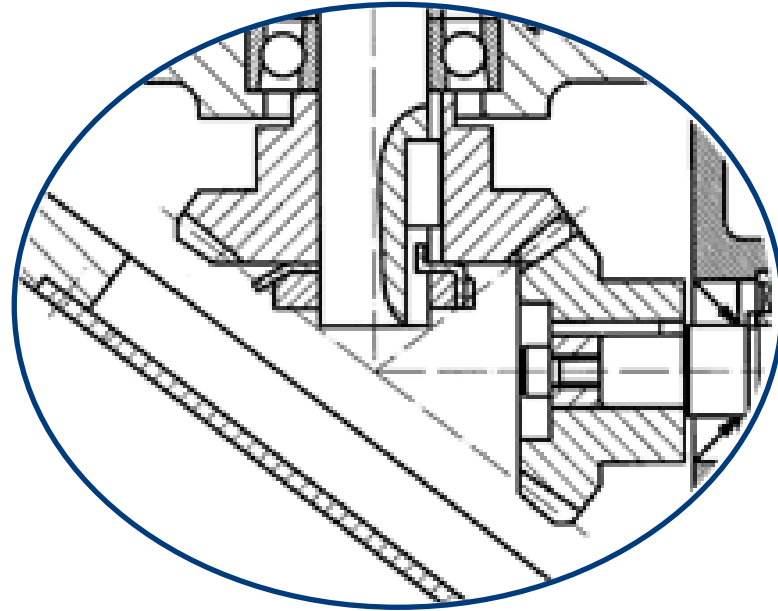
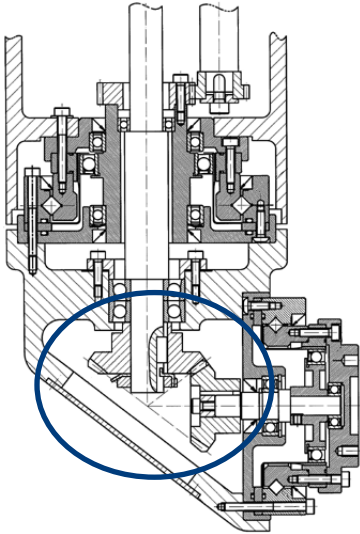


Harmonic Drive als
Hauptgetriebe für
Roboter-Handachsen



Quelle: Harmonic Drive AG

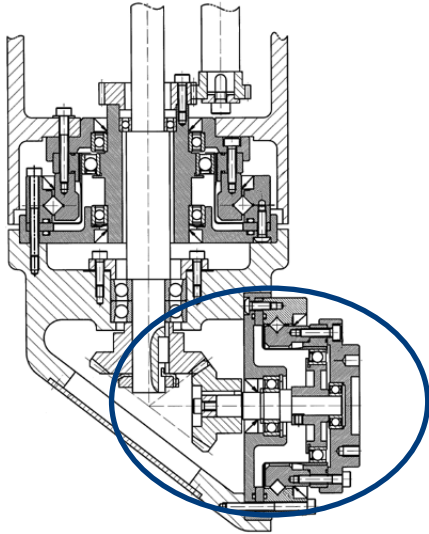
BEISPIEL ROBOTERGETRIEBE FÜR HANDACHSEN: KEGELGETRIEBE



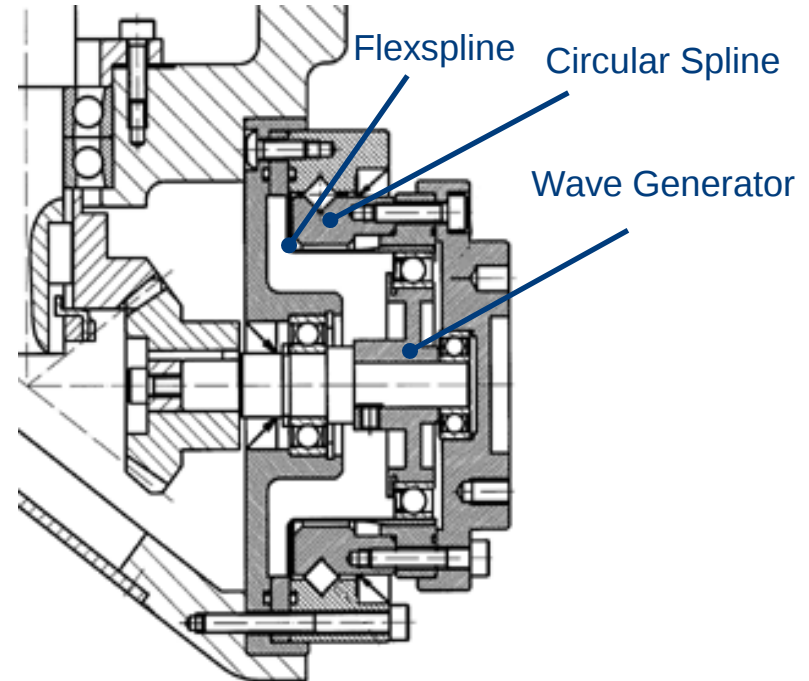
Kegelradgetriebe als Umlenkgetriebe
für Roboter-Handachsen

Quelle: Harmonic Drive AG

BEISPIEL ROBOTERGETRIEBE FÜR HANDACHSEN: HARMONIC DRIVE



Harmonic Drive als
Hauptgetriebe für
Roboter-Handachsen



Quelle: Harmonic Drive AG

ALLGEMEINE EINFLUSSGRÖßEN AUF GETRIEBE



- Verdrehspiel
- Hysterese und Wirkungsgrad
- Positionsfehler
- Steifigkeit
- Übertragungsfehler
- Schwingungen

