



Begrüßung /Ablauf

Mechatronik-Summer-School

Innsbruck 26.-28.05.2014

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

Vorstellung

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

Studium:		Maschinenbau TU München
Promotion:		TU München Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Beruf:	10/03 - 08/10	KUKA Roboter GmbH Augsburg Assistent der Geschäftsführung Abteilungsleiter in der Entwicklung
	seit 09/10	Hochschule Kempten für angewandte Wissenschaften Professor für Fertigungsautomatisierung und Robotik
	seit 08/11	Ingenieurbüro
Kontakt:		Hochschule Kempten Bahnhofstr. 61 D-87435 Kempten Tel.: +49-831-2523 257 Mail: dirk.jacob@hs-kempten.de

Ablauf 1. Tag

9:00 Uhr	Begrüßung der Teilnehmer
9:15 – 10:30 Uhr	Einführung und Geschichte Robotik
10:45 – 12:30 Uhr	Theoretische Grundlagen Komponenten Roboter (Mechanik, Steuerung, SW) Koordinatensysteme Programmierung
12:30 – 13:30 Uhr	Mittagspause
13:30 – 15:00 Uhr	Beispiele für Einsatz von Robotern inkl. Mensch-Maschine-Kooperation
15:15 – 18:00 Uhr	Aufteilung in Arbeitsgruppen mit Aufgabenstellung „Welche Aufgaben in Fa. könnten für Automatisierung durch Roboter geeignet sein?“

Ablauf 2. Tag

- 9:00 – 11:00 Uhr Roboterapplikation am Beispiel "Roboter im Einsatz an Produktionsmaschinen in der Metallverarbeitung" mit Fokus Integration Roboter in Applikation und betriebswirtschaftlichem Hintergrund
- 11:15 – 12:30 Uhr Weiterführung Gruppenarbeit
- 12:30 – 13:30 Uhr Mittagspause
- 13:30 – 15:00 Uhr Weiterführung Gruppenarbeit
- 15:15 – 17:30 Uhr Vorstellung der Ergebnisse und Diskussion der Ergebnisse
- 19:00 – 21:00 Uhr Kamingespräch im Hotel „Neue Post“

Ablauf 3. Tag

09:00 – 09:30	Vorstellung ABB und Allgemeiner Überblick Robotertechnik
09:30 – 12:30	Block 1 Gruppe A: Übung Roboter Gruppe B: Übung RobotStudio inkl. Sicherheitseinschulung
12:30 – 13:30	Mittagspause
13:30 – 14:00	Sicherheitstechnik in der Robotik
14:00 – 17:00	Block 2 Gruppe A: Übung RobotStudio, Gruppe B: Übung Roboter inkl. Sicherheitseinschulung
17:00 – 17:30	Offene Fragen und Feedbackrunde



Geschichte der Robotik

Mechatronik-Summer-School

Innsbruck 26.-28.05.2014

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

Was ist ein Roboter Woher kommt der Begriff?

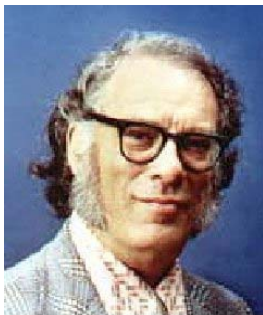


Der Begriff „Roboter“ wurde 1921 von dem tschech. Schriftsteller Karel Capek (1890 – 1938) geprägt

- tschech. „Robota“ = Frondienst
- „robotnik“ = Sklave
- „Rossum's Universal Robot“ von Karel Capek

Schneller Einzug des Begriffes in (damalige) Medienlandschaft

→ Irgendeine Maschine in Menschengestalt

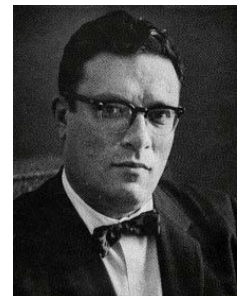


Isaac Asimov als weltweit bekannter SF-Autor

- Roboter als Kernthema



Gesetze der Robotik (Isaac Asimov, 1920-1992)



Ursprüngliche „Drei Gesetze der Robotik“ (1942):

- Erstes Gesetz: Ein Roboter darf einem Menschen keinen Schaden zufügen oder durch unterlassene Hilfeleistung einen Schaden zulassen.
- Zweites Gesetz: Ein Roboter muss dem Menschen gehorchen, es sei denn, der Befehl steht im Konflikt mit dem ersten Gesetz.
- Drittes Gesetz: Ein Roboter muss seine eigene Existenz bewahren, es sei denn, dies tritt in Konflikt zum ersten oder zweiten Gesetz.

„Nulltes Robotergesetz“ (später):

- Nulltes Gesetz: Ein Roboter darf der Menschheit keinen Schaden zufügen oder durch seine Untätigkeit gestatten, dass die Menschheit zu Schaden kommt.

Definition des Begriffs Industrieroboter

Definition des Begriffs Industrieroboter
in der europäischen Norm EN 10 218-1:

Ein Roboter ist ein automatisch gesteuertes, wieder-programmierbares, vielfach einsetzbares Handhabungsgerät mit mehreren Freiheitsgraden, das entweder ortsfest oder beweglich in automatisierten Fertigungssystemen eingesetzt wird.

Geschichte der Robotik¹⁾

- 1946: G.C. Devol entwickelt Steuerungsgerät zum magnetischen Aufzeichnen und Abspielen elektrischer Signale, mit denen mechanische Geräte gesteuert werden
- 1951: Entwicklung von Teleoperatoren von Goertz und Bergsland (Master-Slave-System zur Handhabung radioaktiver Materialien)
- 1952: Prototypversion NC-Maschine am MIT; Programmierung mittels APT (Automatic Programmable Tools); daraus später abgeleitet: RAPT, ROBEX
- 1954: erstes Roboter-Patent für C.W. Kenward für 2-Arm-Roboter mit Portalschienen
- 1956: Devol und Engelberger gründen die erste Robotik-Firma Unimate Inc. (später Westinghouse, heute Stäubli)
- 1959: erster kommerzieller Industrieroboter (Planet Corporation)

Geschichte der Robotik

1960: erster Unimate-Roboter (numerisch gesteuert, Hydraulik-Antrieb)

1962: erster Unimate-Roboter bei General Motors

1963: American Machine and Foundry Co (AMF) stellen kommerziellen Roboter Versatran vor

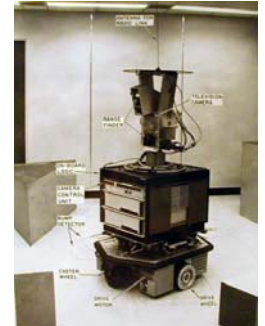
1966: Farbsprühroboter der Firma Trallfa

1968: mobiler experimenteller Roboter „Shakey“ mit Sichtsystem und taktilen Sensoren am Stanford Research Institute

1971: Stanford-Arm, elektrisch angetriebener Kleinroboter, Vorläufer des Puma (Stanford)

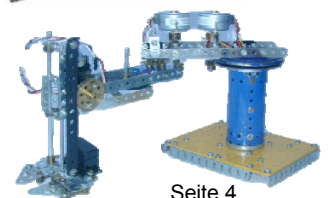
1973: Famulus: erster elektromechanisch angetriebener Roboter mit sechs Achsen von KUKA

1973: erste experimentelle Roboterprogrammiersprache Wave, gefolgt von AL
→ erste kommerzielle Sprache VAL (Scheinmann, Shimano)

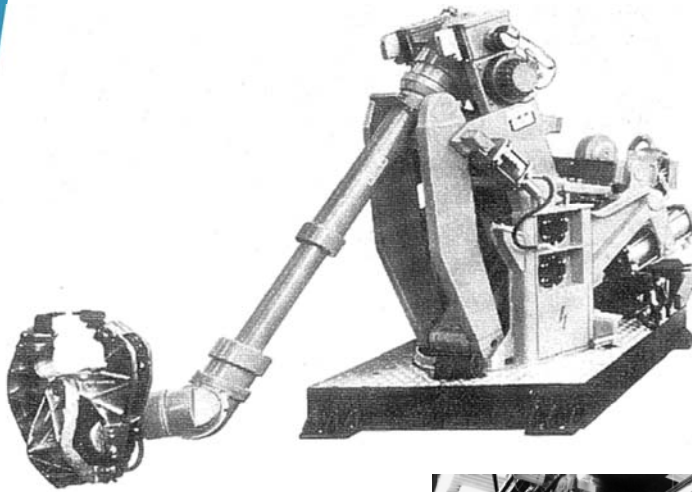


Geschichte der Robotik

- 1974 elektrisch angetriebener Roboter IRb6 (ASEA, heute ABB), Lichtbogenschweißen in Motorradwerk von Kawasaki, T³ (The Tomorrow Tool, 50kg Traglast, von Cincinatti Milacron)
- 1975: SIGMA-Roboter für erste Montageoperation bei Olivetti
- 1975: KUKA IR600
- 1976: „Remote Center Compliance“ (RCC) für Fügeoperationen (Charles Draper Laboratory)
- 1978: PUMA-Serie (Programmable Universal Machine for Assembly, Unimation); T³ wird bei Air Force für Füge- und Bohrarbeiten an Flugzeugteilen eingesetzt
- 1979: SCARA Roboter (Yamanashi Universität)



Die 70er Jahre Roboter der Serie 600/60



- Gewicht: ca. 2.000 kg
- Traglast: ca. 60 – 100 kg
- Kosten: ca. 250.000 DM



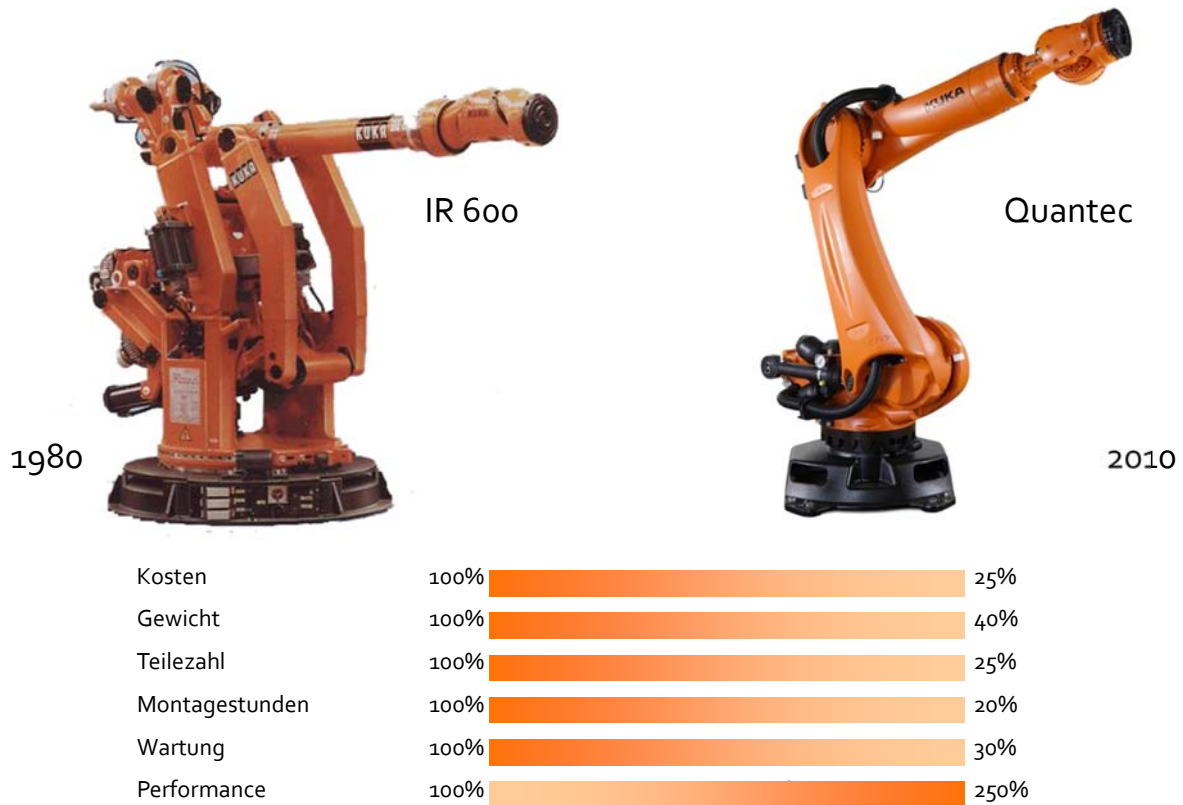
Quelle KUKA

Geschichte der Robotik

- 1980: Greifen und Fügen von Stiften mit Kamera (Rhode Island University)
- 1981: „Direct Drive“ Roboter (CMU)
- 1984: WABOT-2 - antropomorpher Roboter mit 2 Händen, Beinen und Kamera zum Keyboardspielen (Waseda University); „Dextrous Hand“ (Utah University)
- 1985: weltweite Entwicklung von mobilen autonomen Robotern; Ankündigung der Roboter der 3. Generation



Entwicklung bis heute Auswirkung der mechatronischen Optimierung



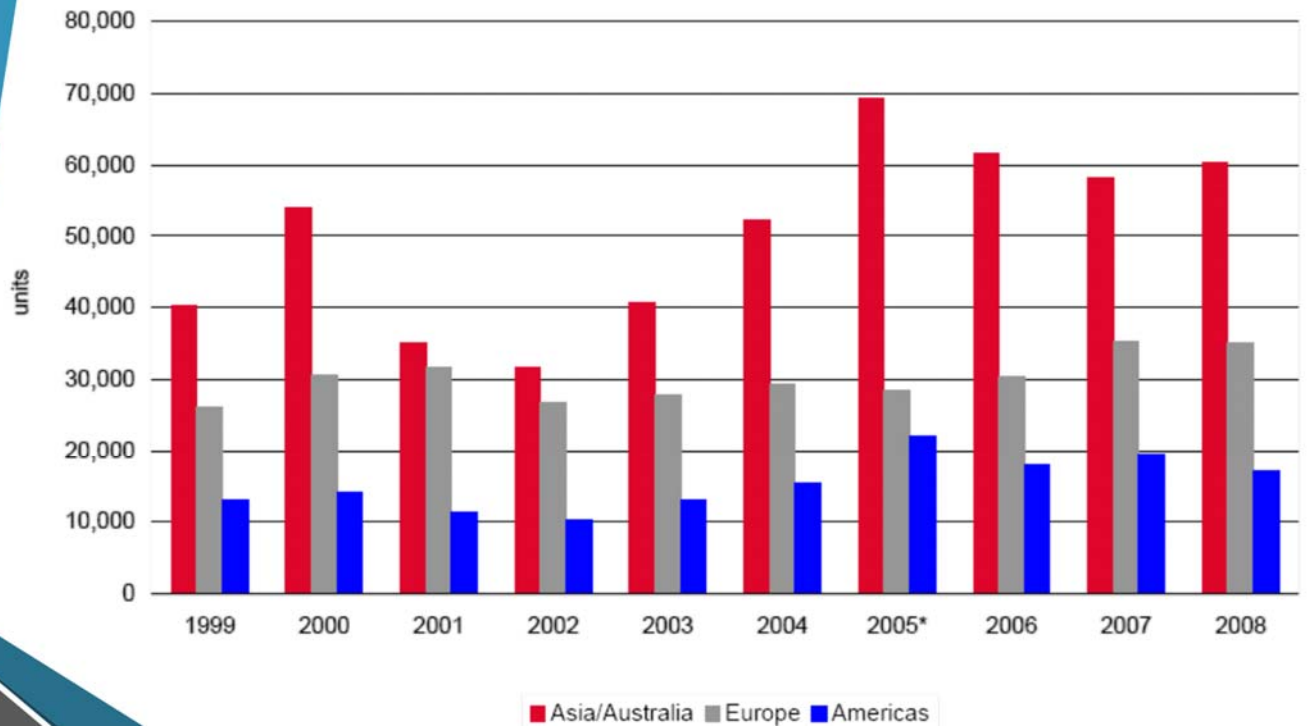
Quelle KUKA

Roboter generationen

- **1. Generation:**
programmierbare Manipulatoren, (1960 – 1975)
 - Geringe Rechenleistung
 - Nur feste Haltepunkte (Punkt-zu-Punkt-Programmierung mit Teach-Box)
 - Kaum sensorielle Fähigkeiten (deswegen nur Pick-and-place-Aktionen)
- **2. Generation:**
adaptive Roboter (1976 - 1982)
 - Mehr Sensoren (z.B. Kameras)
 - Arbeitsumgebungen dürfen größere „Unordnung“ aufweisen
 - Eigene Programmiersprachen (z.B. VAL)
 - Geringe Roboter-Intelligenz (adaptive Aufgabendurchführung)
- **3. Generation:**
autonome Roboter (ab 1983)
 - Hohe Rechenleistung (Multiprozessorsysteme)
 - Aufgabenorientierte Programmierung

Statistiken Installationen von Industrierobotern weltweit

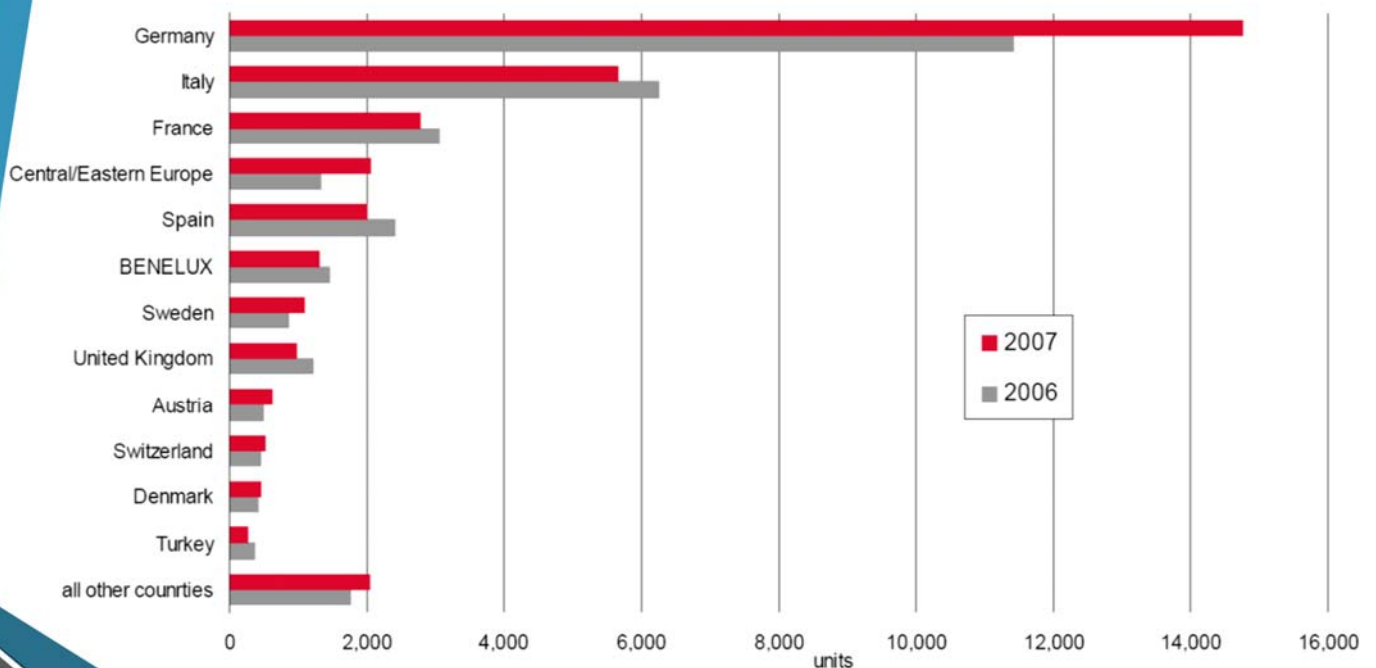
Figure II.1 Estimated yearly shipments of industrial robots



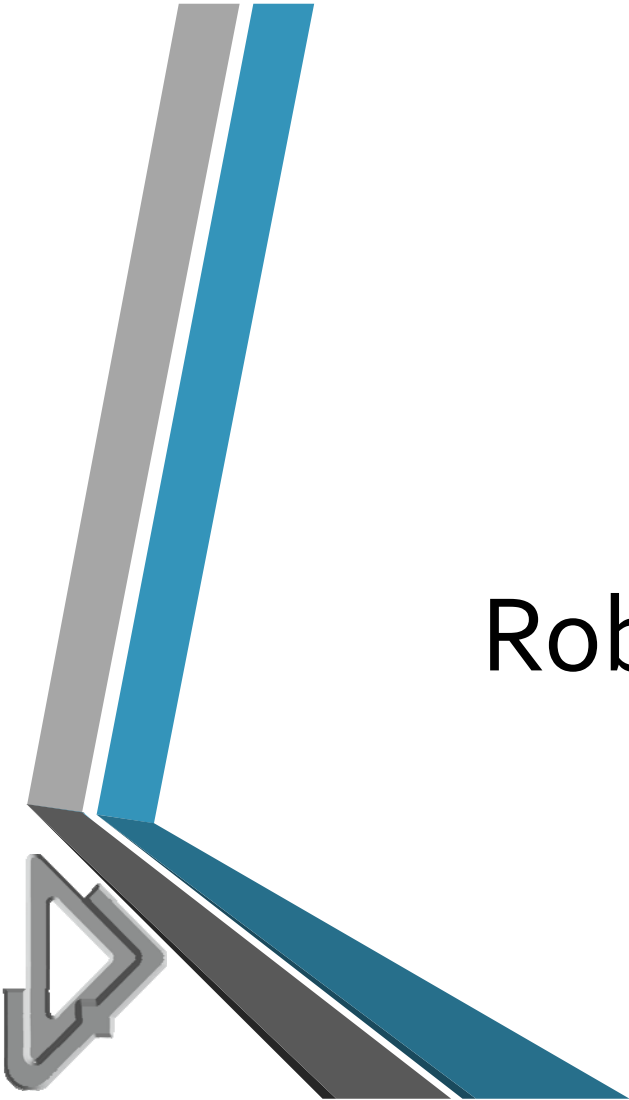
Quellen: IFR 2009

Statistiken Installationen von Knickarmrobotern 2007 in Europa

Estimated yearly supply of industrial robots
in Europe by countries 2006 - 2007*



Quellen: IFR 2008



Robotergrundlagen

Mechatronik-Summer-School

Innsbruck 26.-28.05.2014

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

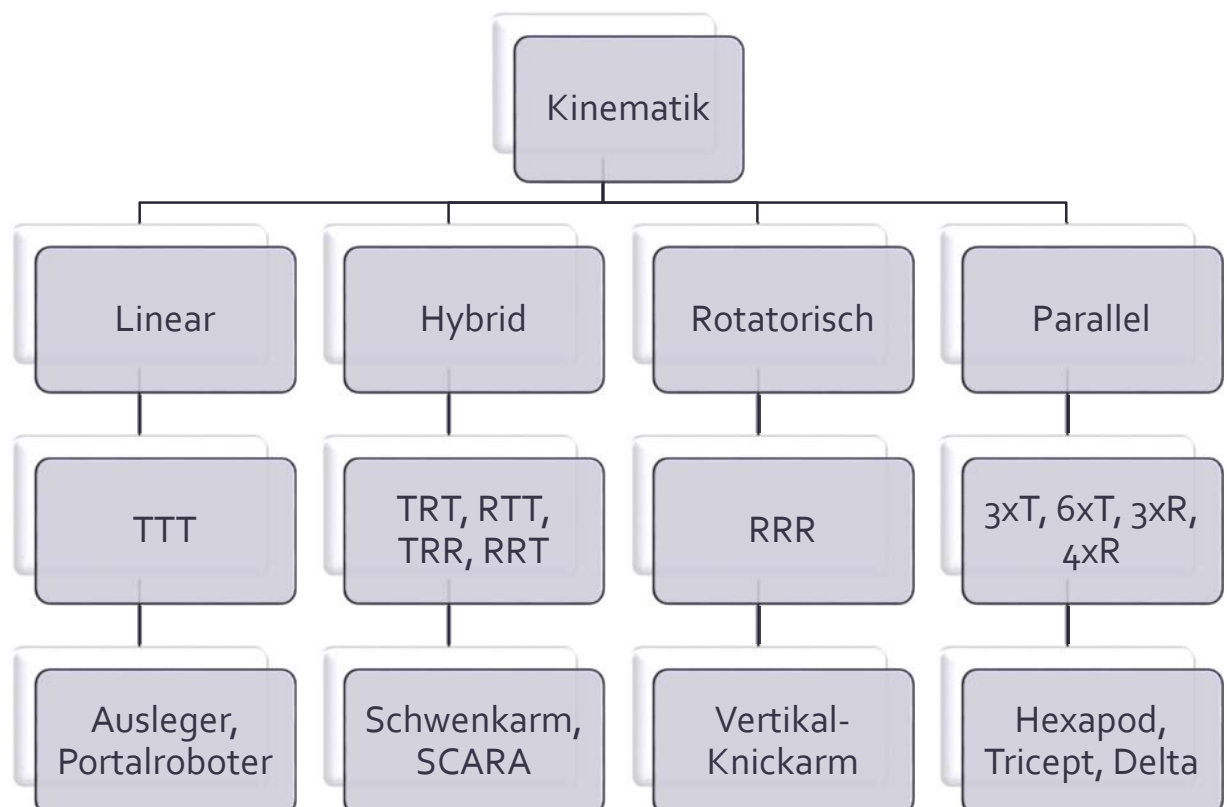
Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety



Quelle: KUKA

Kinematiktypen



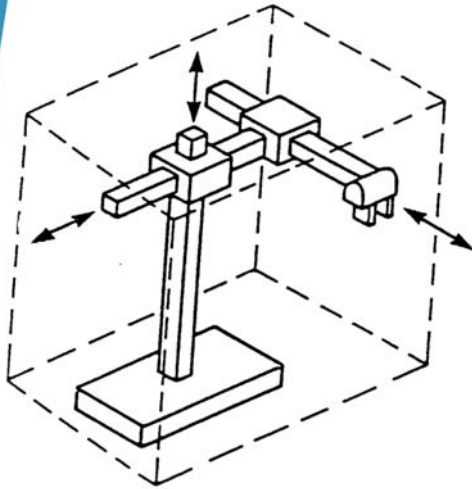
T = translatorische Bewegung

R = rotatorische Bewegung

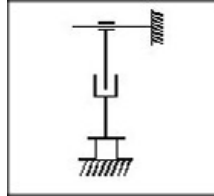
Linearkinematik

Bauform – Kartesischer Roboter

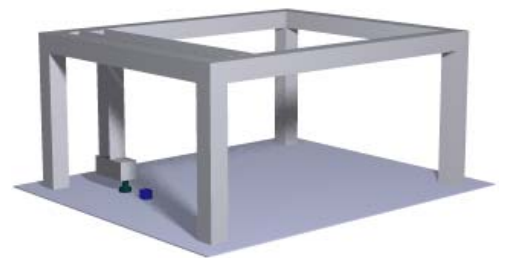
Prinzip



Kinematische Struktur



Arbeitsraum

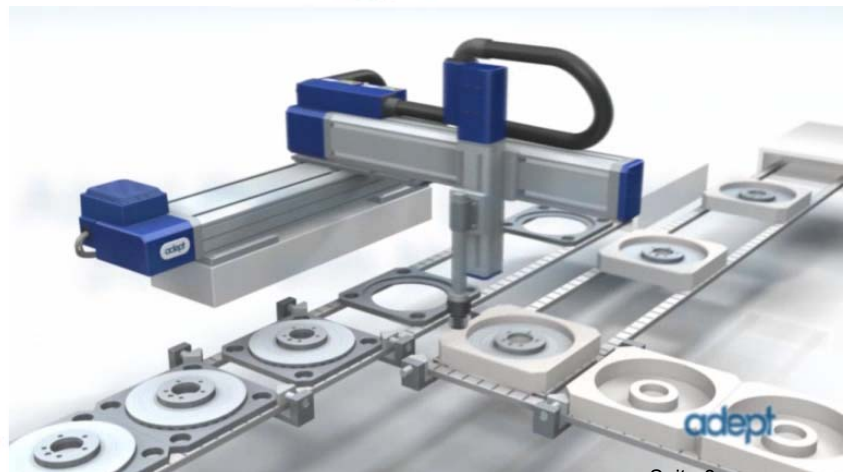
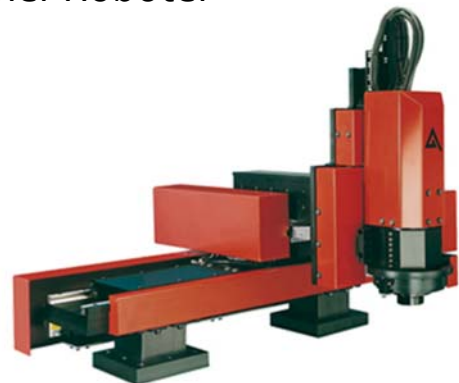


Quelle Epson

Linearkinematik

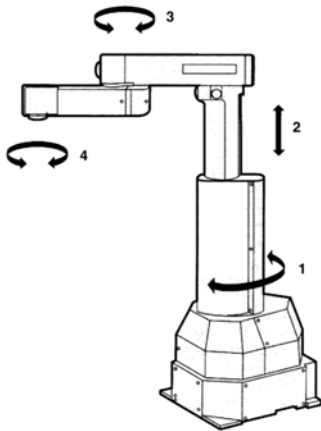
Bauform – Kartesischer Roboter

- Linearkinematik
- Quaderförmiger Arbeitsraum
- Verfahren im kartesischen Raum
→ keine Koordinatentransformation
- Großer Platzbedarf und Kollisionsraum
- Niedrige Arbeitsgeschwindigkeit

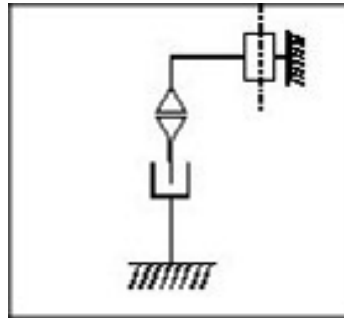


Hybridkinematik Bauform – SCARA Roboter

Prinzip



Kinematische
Struktur



Arbeitsraum

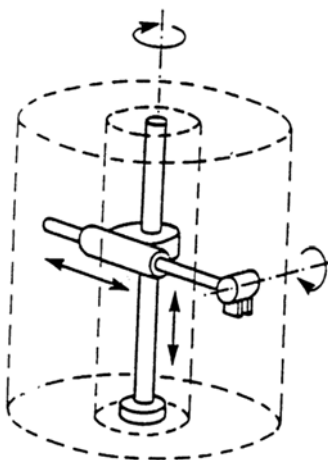


- 4 Freiheitsgrade, häufig
3x Rotation – parallel
1x Translation
- Zylindrischer Arbeitsraum
- „Selective Compliance Assembly
Robot Arm“
- Selektive Nachgiebigkeit
(nachgiebig in x/y-Ebene;
steif in z-Richtung)

Quelle: Adept

Hybridkinematik Bauform – Schwenkarmroboter

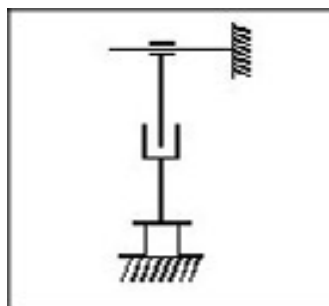
Prinzip



Zylindrischer Roboter

- 4 Freiheitsgrade
2x Rotation
2x Translation

Kinematische
Struktur

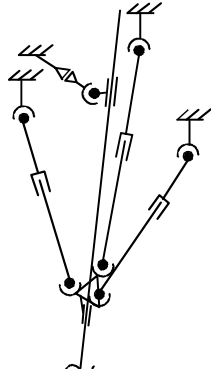


Arbeitsraum



Bauform - Parallelkinematik

Tricept



Delta



Hexapod

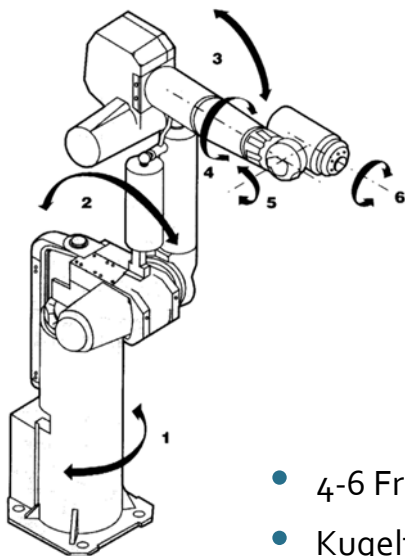


- 4-6 Freiheitsgrade
- Parallele Anordnung der Antriebselemente der Grundachsen
- Wannenförmiger Arbeitsraum

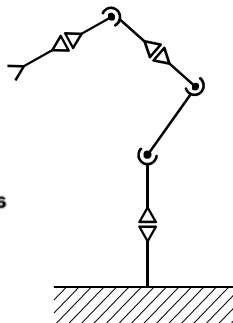
Quelle Tricept, Fanuc

Bauform – Knickarmroboter

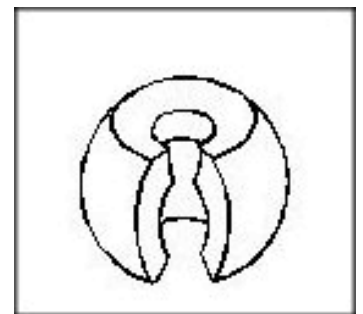
Prinzip



Kinematische Struktur



Arbeitsraum



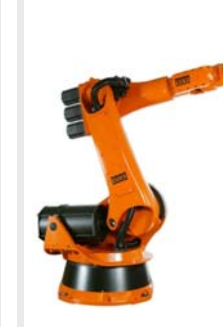
- 4-6 Freiheitsgrade
- Kugelförmiger Arbeitsraum
- Traglasten: 3kg bis >1000kg

Quelle ABB,



Bauform – Knickarmroboter

Traglastbereiche

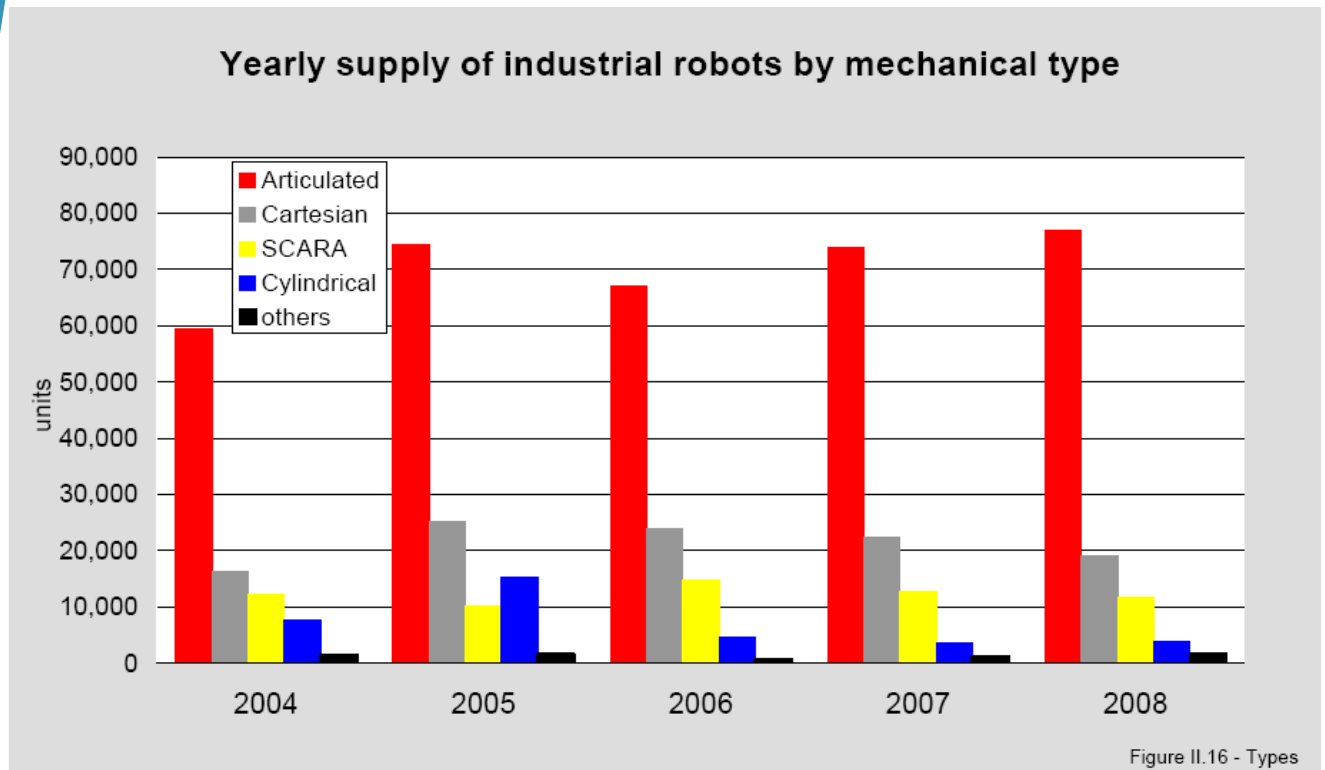
Kleinrobotik	Niedrige Traglast	Mittlere Traglast	Hohe Traglast	Schwerlast
				
bis 5 kg	5 - 20 kg	20 - 100 kg	100 - 400 kg	über 400 kg

Quelle KUKA

Bewertung der gängigsten Robotertypen

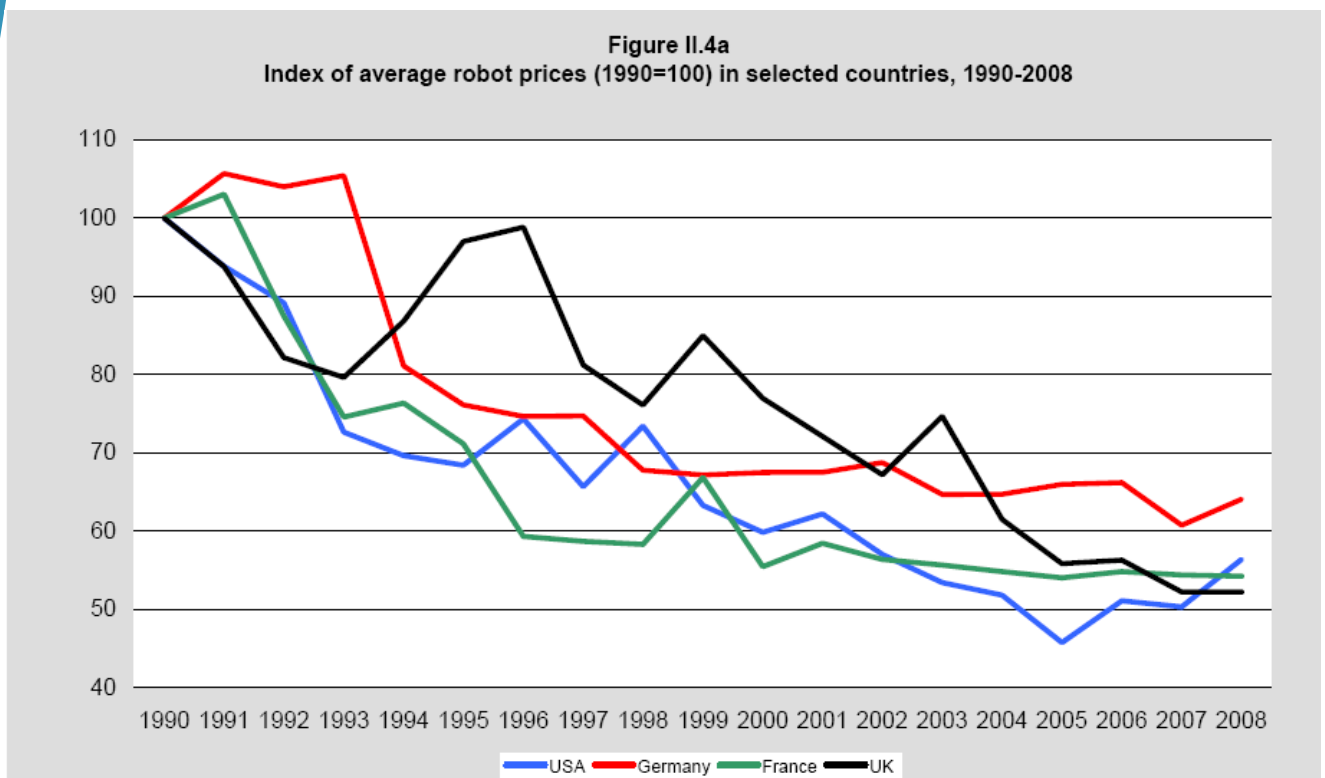
Roboter- typ	Vorteile	Nachteile	typische Einsatzgebiete
SCARA	billig, günstig bei vertikaler Montagerichtung, hohe Steifigkeit, Verfahrensgeschwindigkeit u. Wiederholgenauigkeit	kleiner Arbeitsraum Achszahl erlaubt nicht alle Arbeitsrichtungen	einfache Montageaufgaben, Palettieren, Magazinieren
KNICKARM	universell einsetzbar, variable Arbeitsrichtungen, für komplizierte Aufgaben geeignet	aufwendige Mechanik; bei geradlinigen Fügerichtungen transl. Typen unterlegen	Schweißen, Lackieren, Beschicken von Werkzeugmaschinen komplexe Montageaufgaben
PORTAL	großer Arbeitsraum, Wartungsfreundlichkeit, gute Sicherheit, hohe Traglast	teuer, Problem: Wärmeausdehnung und Schwingen	Beschickung von (oft mehreren) Werkzeugmaschinen, Palettieren
PARALLEL	Geringe bewegte Massen, viele Gleichteile, je nach Bauart hohe Steifigkeit	Komplexe Bahnplanung, Nicht-lineares Verhalten, z.T. ungenau	Schnelle Pick- and Place Aufgaben, Spezialanwendungen

Statistik über Installation von Robotertypen weltweit



Quelle IFR

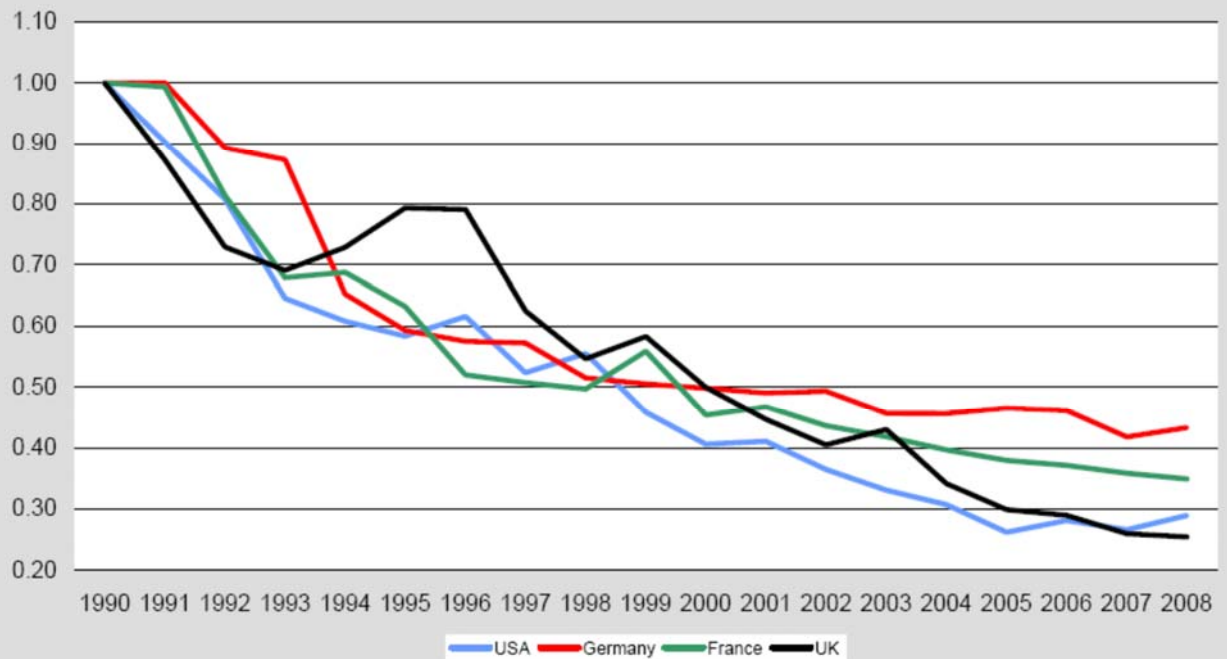
Roboterpreisentwicklung und Arbeitskosten



Quelle IFR

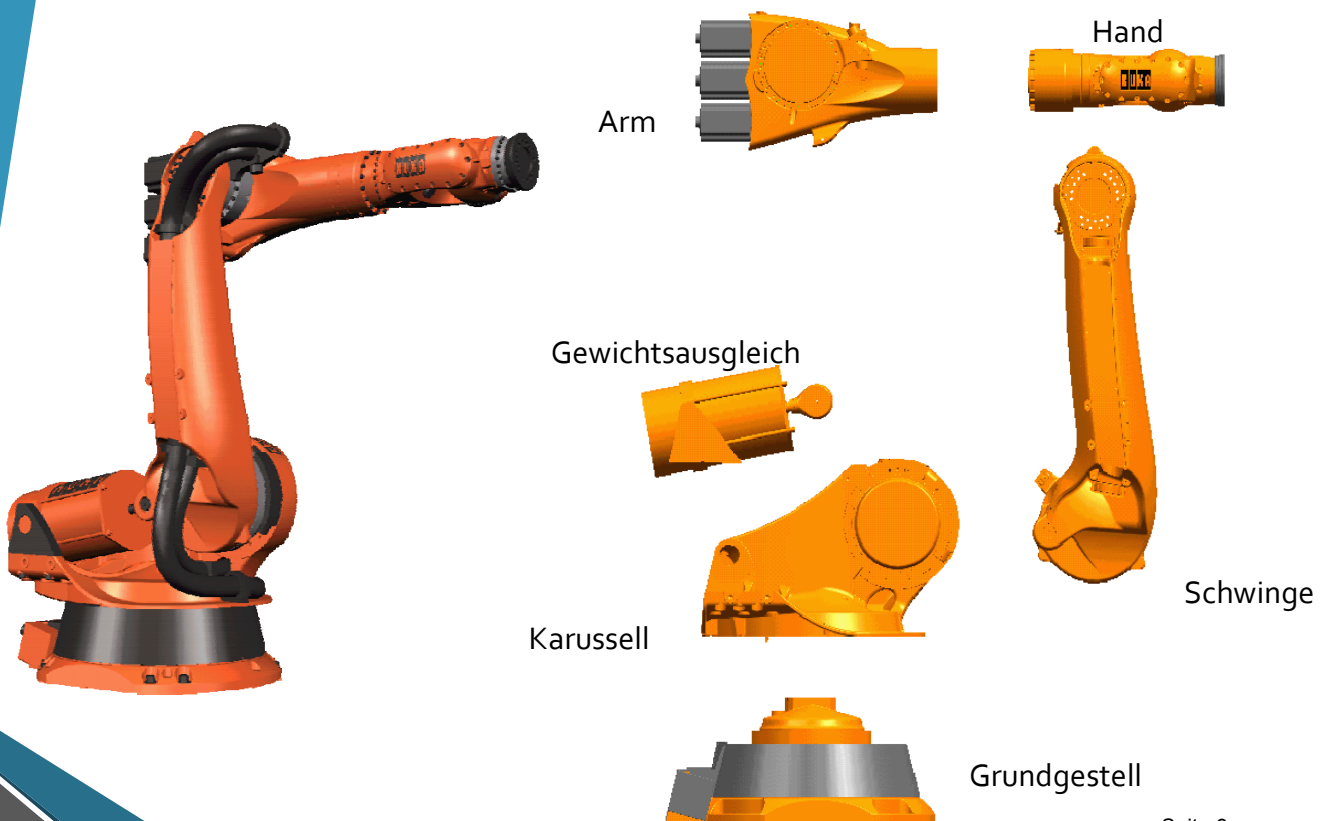
Roboterpreisentwicklung und Arbeitskosten

Figure II.4b
Index of average robot prices in relation to labour compensation, 1990-2008



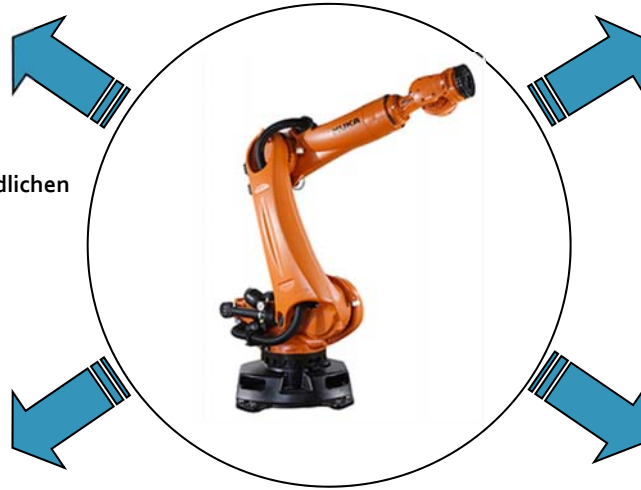
Quelle IFR

Roboterbaugruppen



Quelle KUKA

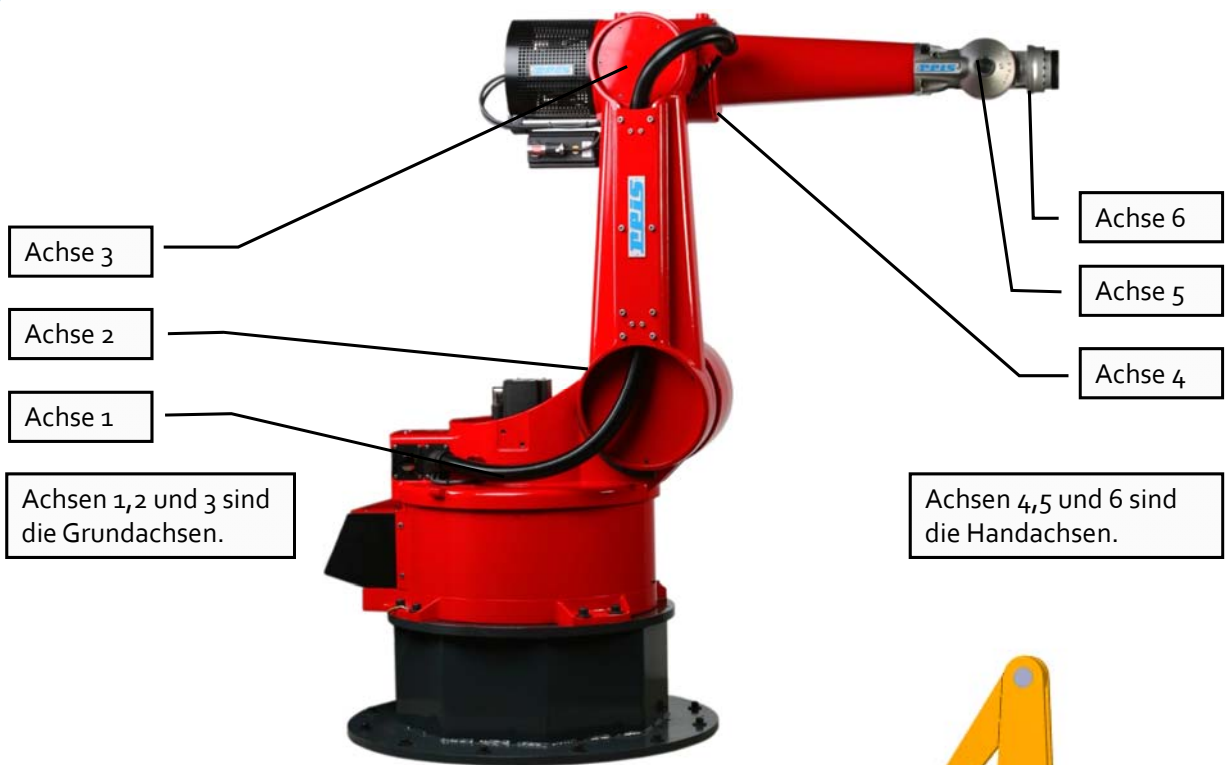
Robotervarianten



Beispiel KUKA Serie Quantec

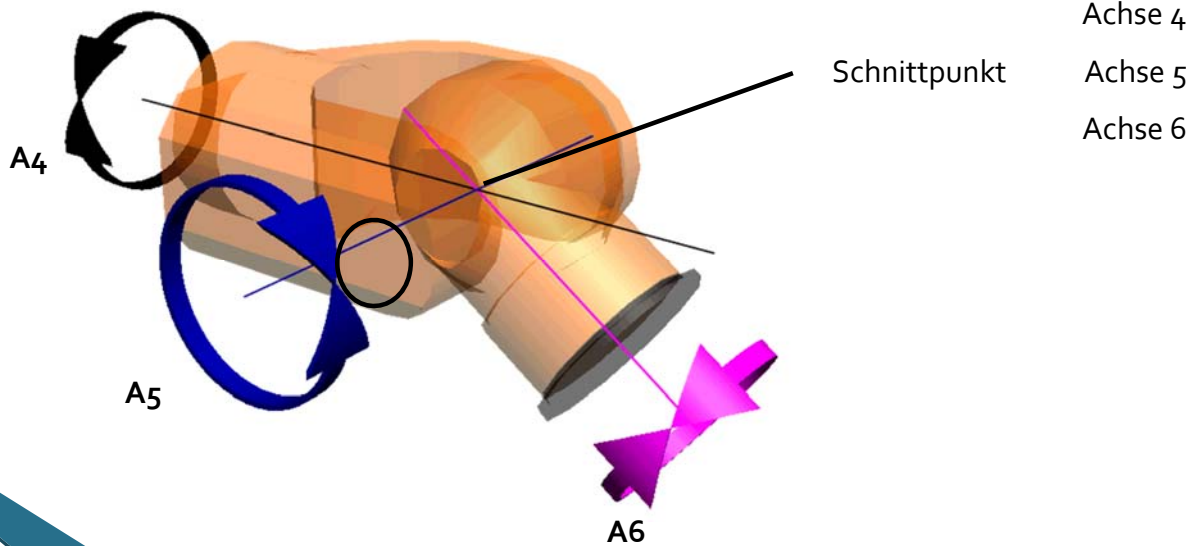
Quelle KUKA

Achsbezeichnungen eines Knickarmroboters



Arbeitsbereich

Der Arbeitsbereich des Roboters ist der Raum, innerhalb dem der **Handachsenschnittpunkt/Handwurzelpunkt** positioniert werden kann.

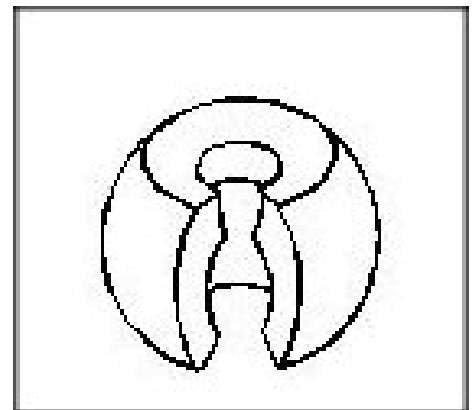
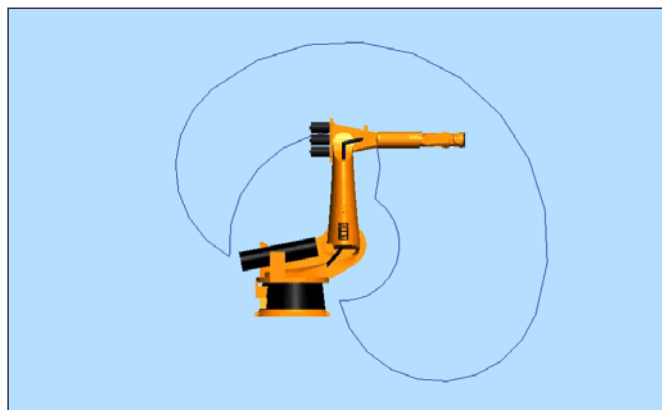


Quelle KUKA

Arbeitsbereich

Der Arbeitsbereich des Roboters entsteht aus der Überlagerung der Bewegungen der Hauptachsen.

Arbeitsraum

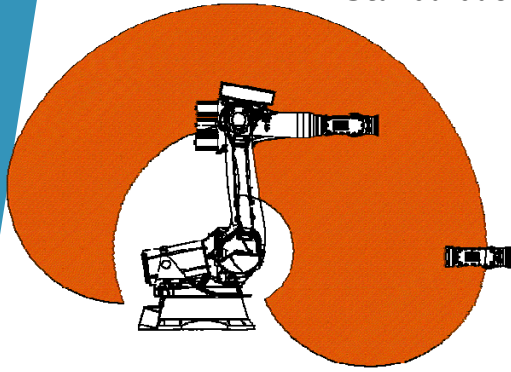


Durch Bewegung der Achsen 2 und 3 wird ein Arbeitsbereich in einer vertikalen Ebene generiert. Bestimmt wird dieser durch die möglichen Achswinkel und der Länge zwischen A2 / A3 und A3 / Handwurzelpunkt.

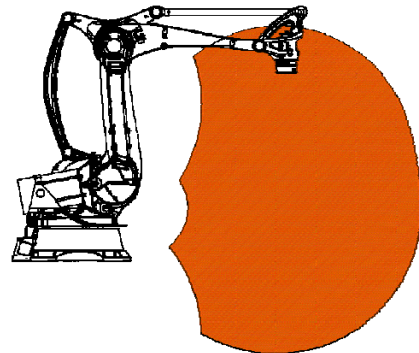
Durch Drehen der Achse 1 wird der vertikale Arbeitsbereich um eine senkrechte Achse gedreht, so dass ein »kugelförmiger« Arbeitsraum erzeugt wird.

Arbeitsbereich

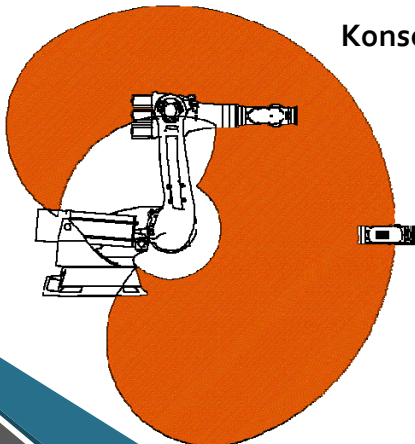
Standardausführung



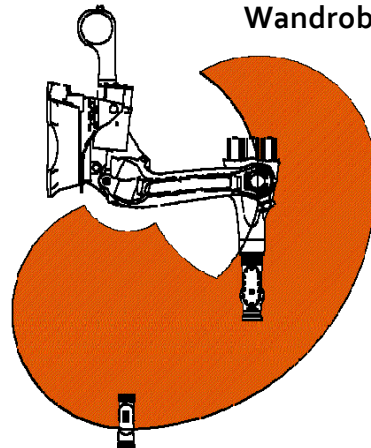
Palettierroboter



Konsolroboter



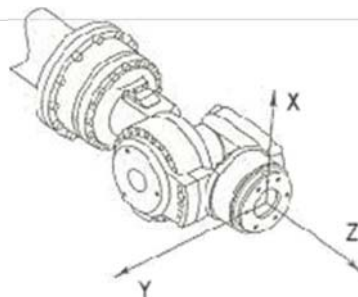
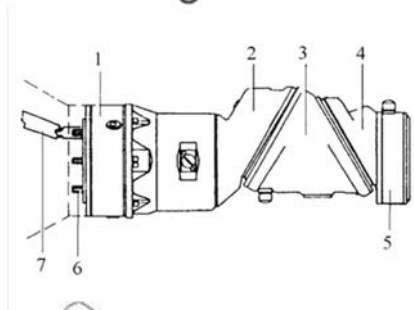
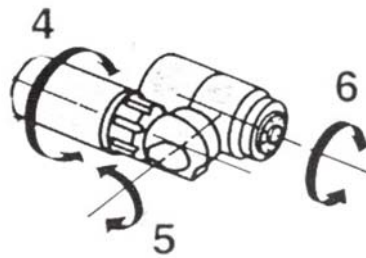
Wandroboter

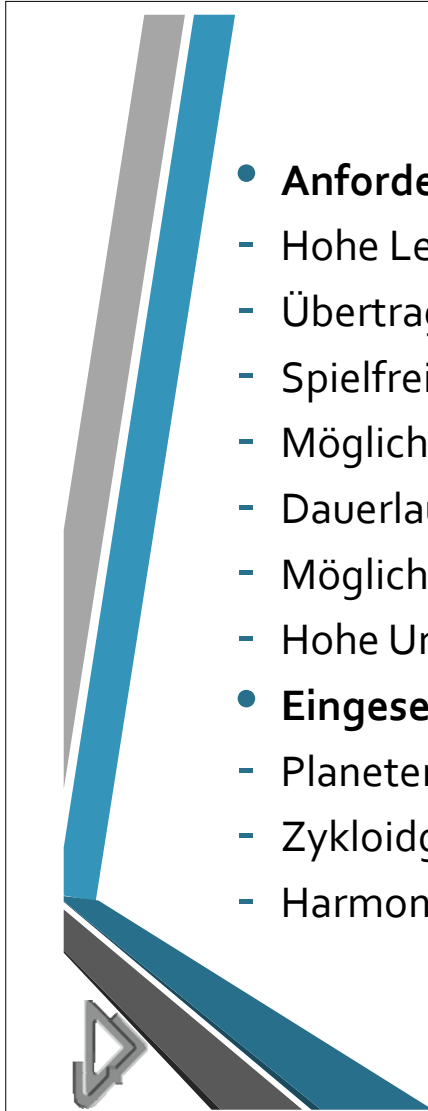


Quelle KUKA

Roboterhand Bauformen

- Winkelhand
- Doppelwinkelhand
- Zentralhand





Getriebe

- **Anforderungen an Getriebe im Roboter:**

- Hohe Leistungsdichte
- Übertragung hoher Drehmomente
- Spielfreiheit
- Möglichst geringes Umkehrspiel
- Dauerlaufstabil
- Möglichst geringe bewegte Massen
- Hohe Untersetzungen

- **Eingesetzte Getriebe**

- Planetengetriebe
- Zykloidgetriebe
- Harmonic-Drive-Getriebe

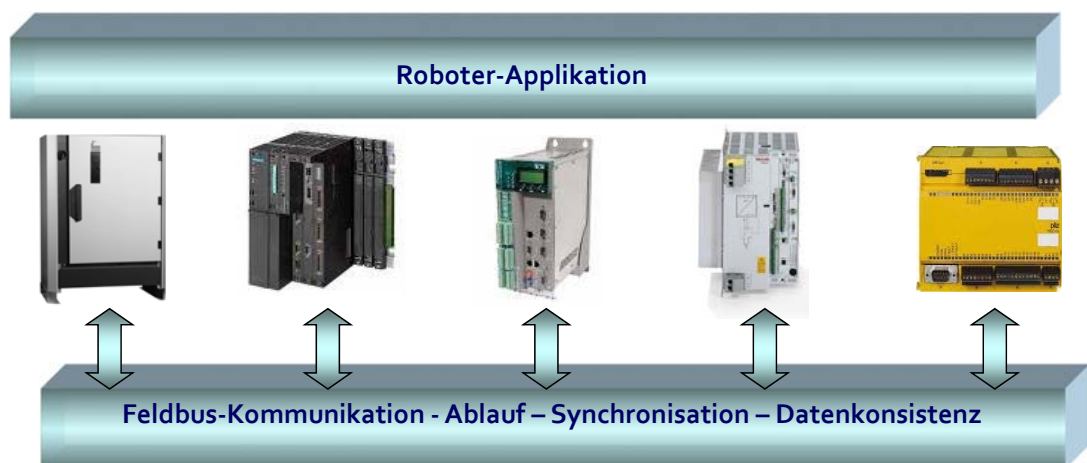
Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety



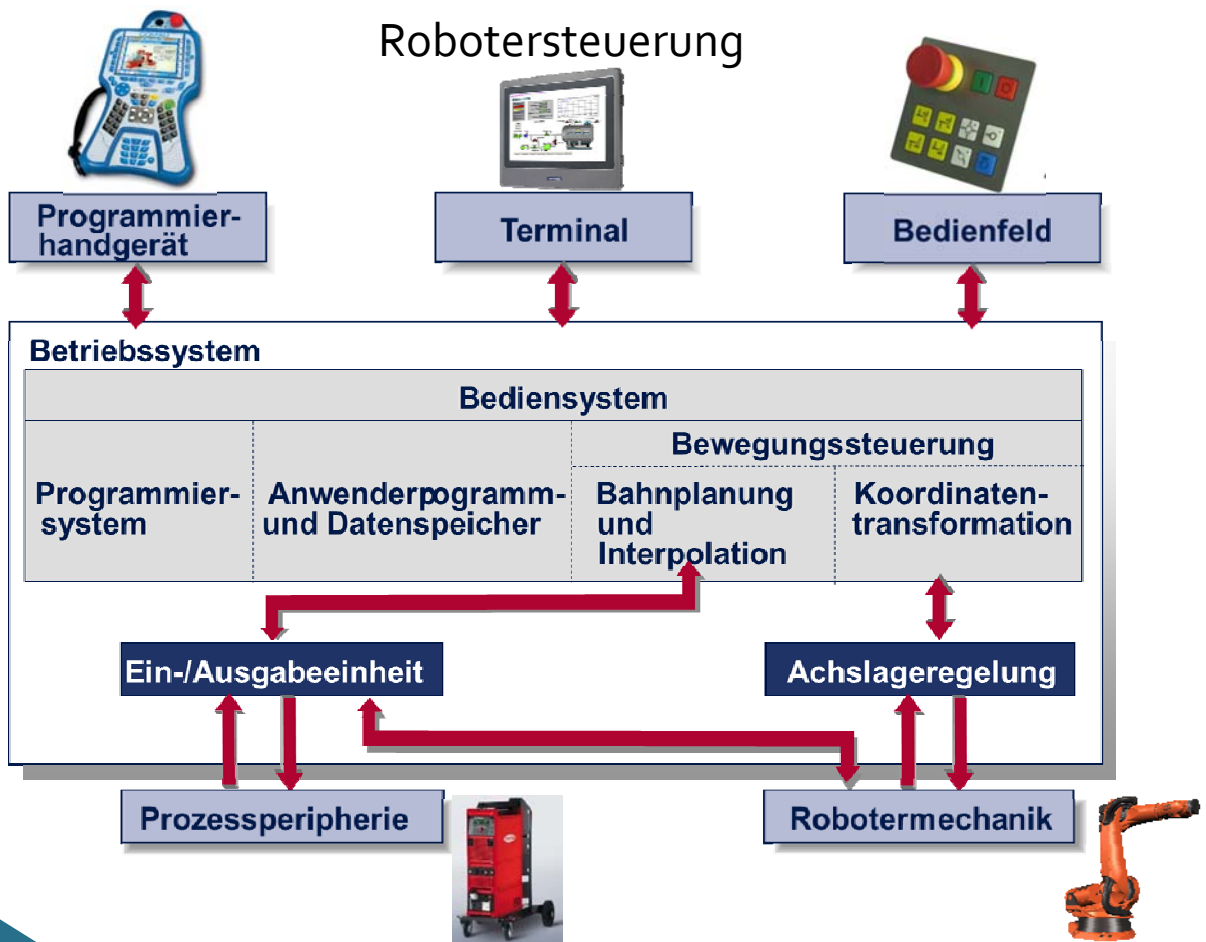
Quelle: KUKA

Steuerungstechnik Roboterapplikation



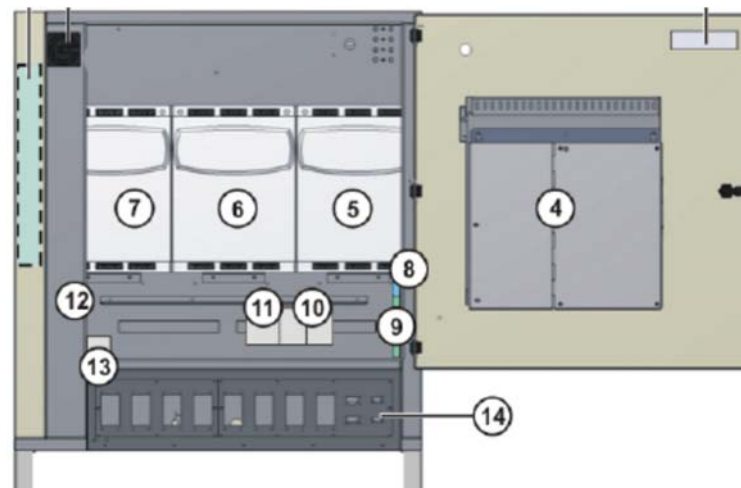
- Steuerung der Roboterbewegungen (Robotersteuerung)
- Steuerung des Produktionsablaufes innerhalb der Zelle (Zellensteuerung)
- Steuerung der externen Zusatzachsen und Fördereinrichtungen (allg. Bewegungssteuerung)
- Steuerung des Prozesses (Prozess-Steuerung)
- Steuerung der Sicherheitsabläufe innerhalb der Zelle (Sicherheitssteuerung)
- Feldbus-Kommunikation zwischen allen Steuerungen

Robotersteuerung



Quelle: Spath, mkt, BMC, KUKA, Fronius

Komponenten der Steuerung



Leistungsteil:

- Versorgungseinheit
- Umrichter / Servo-Verstärker

Rechnerteil

- PC (Prozessor, Speicher, Schnittstellen)
- Digitale Servo-Elektronik (Regelung) / oder Core PC Prozessor
- Resolver-Digital-Wandler

Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety



Quelle: Comau

Roboter-Programmiermethoden Direkte Programmierung - Handbediengeräte



Fanuc



Motoman



Comau



Reis

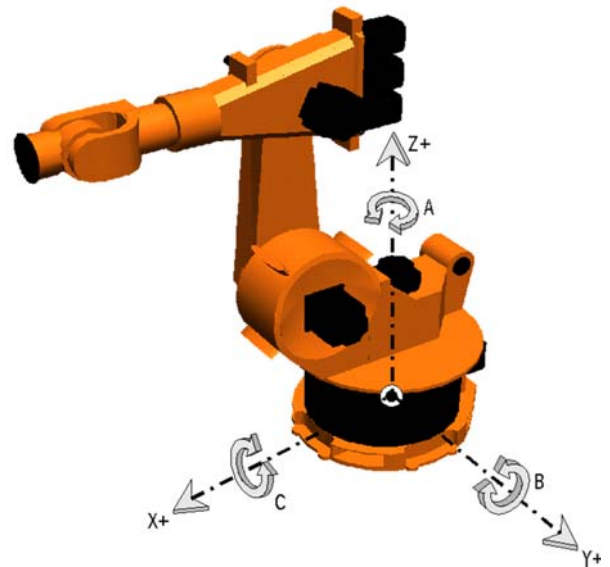
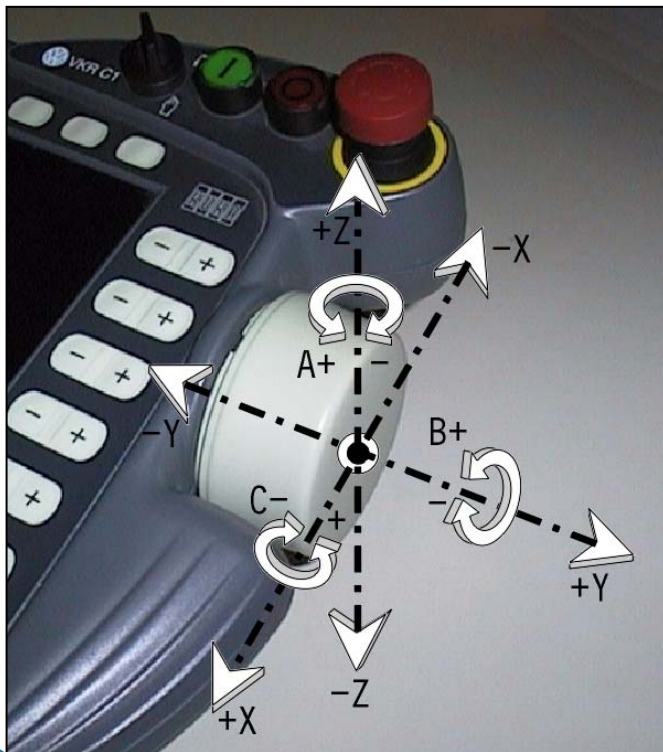
ABB



KUKA



Kartesisches Verfahren mit der 6D-Maus Direkte Programmierung - Handbediengeräte



Quelle: KUKA

Roboter-Programmiermethoden Direkte Programmierung – Teach-In

- Roboter wird mit Bedienhandgerät zur Zielstellung bewegt
- Messung und Abspeicherung der Gelenkkoordinaten
- ggf. Umrechnung in kartesische Koordinaten (Vorwärts-Kinematik)
- Definition der Bewegungsart zwischen den Zielstellungen (PTP, LIN, CIRC)
- Einfügen von Programmablaufanweisungen



```

00001 S1:PRG/02_FRAESEN
SPR 02_FRAESEN
WERKZEUG Variable:Tfraeser
POSITION #N,$BASE,X:996.13,Y:1299.76,Z:-981.65,A:177.4951,B:0.0000,C:-157.4063,A1:1000.0328,A
BEWEG_ART #PTP
POSITION #N,$BASE,X:996.13,Y:1191.61,Z:-1228.90,A:177.4940,B:0.0000,C:-157.4063,A1:1000.0328,A
POSITION #N,$BASE,X:1000.52,Y:1217.85,Z:-1229.59,A:177.4955,B:0.0000,C:-157.4063,A1:1004.4146
BEWEG_ART #SPLINE
BAHN_GESCHW [mm/s]:30.0000
POSITION #N,$BASE,X:1016.49,Y:1217.07,Z:-1229.70,A:177.5028,B:0.0000,C:-157.4063,A1:1020.3848
POSITION #N,$BASE,X:1022.04,Y:1215.27,Z:-1220.39,A:95.3657,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1019.1849
POSITION #N,$BASE,X:1022.41,Y:1209.57,Z:-1209.85,A:95.3690,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1019.5519
POSITION #N,$BASE,X:1021.51,Y:1200.01,Z:-1199.57,A:95.3712,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1019.6610
POSITION #N,$BASE,X:1019.23,Y:1194.38,Z:-1194.87,A:74.1193,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1016.4612
POSITION #N,$BASE,X:1016.23,Y:1191.50,Z:-1199.23,A:51.0260,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1014.0012
POSITION #N,$BASE,X:1011.09,Y:1190.66,Z:-1192.63,A:9.4647,B:0.0000,C:-179.7305,A1:1010.6203
POSITION #N,$BASE,X:997.77,Y:1190.39,Z:-1192.48,A:9.4647,B:0.0000,C:-179.7305,A1:997.2969,A2
POSITION #N,$BASE,X:986.54,Y:1190.86,Z:-1193.11,A:-0.9899,B:0.0000,C:-179.7305,A1:986.5870,A
POSITION #N,$BASE,X:983.26,Y:1192.17,Z:-1193.54,A:-42.3743,B:0.0000,C:-179.7305,A1:985.1857
POSITION #N,$BASE,X:979.58,Y:1195.19,Z:-1196.34,A:-65.5087,B:0.0000,C:-179.7305,A1:982.1830
POSITION #N,$BASE,X:978.48,Y:1200.00,Z:-1199.57,A:-90.3295,B:0.0000,C:-179.7305,A1:981.3377
POSITION #N,$BASE,X:977.60,Y:1208.69,Z:-1208.92,A:-90.3307,B:0.0000,C:-177.3398,A1:970.3610
POSITION #N,$BASE,X:977.87,Y:1215.58,Z:-1220.61,A:-136.6875,B:0.0000,C:-179.7305,A1:979.8364
POSITION #N,$BASE,X:987.86,Y:1217.38,Z:-1229.65,A:-179.5507,B:0.0000,C:-154.9980,A1:987.0875
POSITION #N,$BASE,X:1000.71,Y:1217.76,Z:-1229.87,A:-179.5495,B:0.0000,C:-154.9980,A1:999.9327
BEWEG_ART #PTP
POSITION #N,$BASE,X:1000.71,Y:1204.13,Z:-1229.87,A:-179.5463,B:0.0000,C:-154.9980,A1:999.9327
POSITION #N,$BASE,X:1000.72,Y:1217.38,Z:-1070.20,A:-179.5452,B:0.0000,C:-154.9980,A1:999.9327
STOP
END
    
```

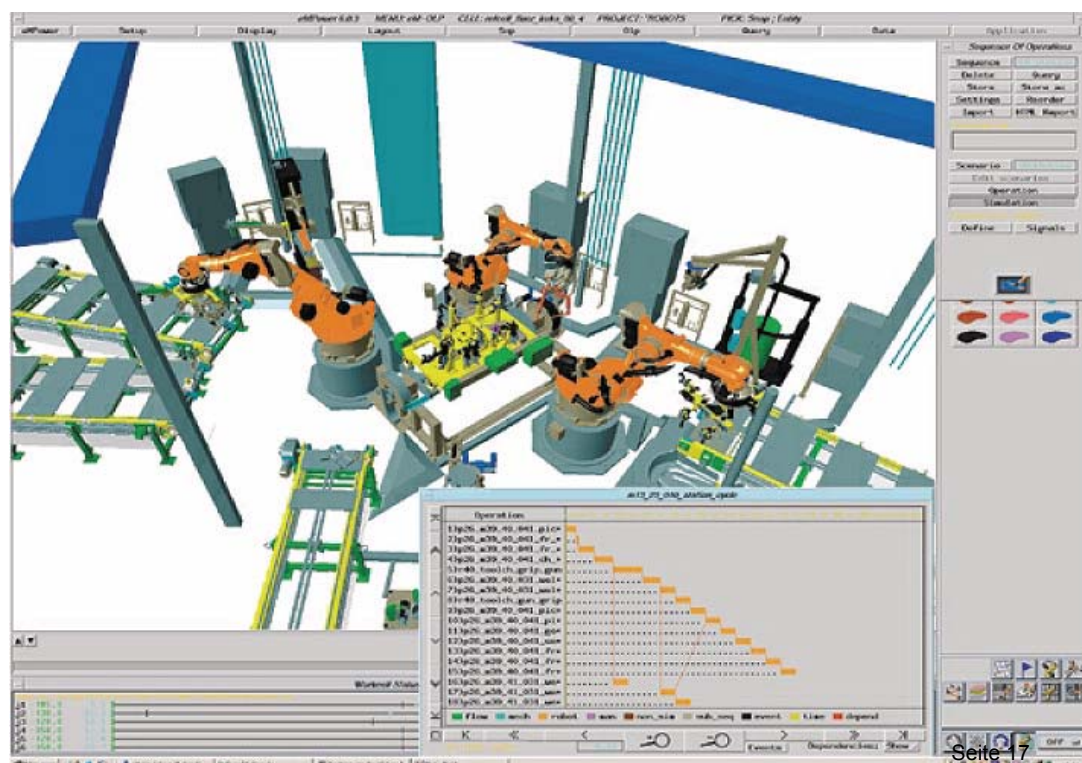
Quelle: Reis

Roboter-Programmiermethoden Explizite Programmierung

- Graphisch unterstützte Programmierung durch Simulationssysteme
 - Modellierung von Produkt (z.B. Kotflügel), Prozess (z.B. Schweißen) und Produktionsmittel (z.B. Roboter)
 - Virtuelle Steuerung führt das Roboter-Programm aus (RRS2 Standard: Realistic Robot Simulation)
 - Visualisierung in einer Simulationsumgebung
 - Möglichst genaue Abbildung der realen Roboterzelle nötig (Zellen-Layout)
 - Import von Produktdaten aus CAD-Systemen (z.B. CATIA, NX, Pro/Engineer, usw.)
 - Analyse von Taktzeiten und Erreichbarkeiten sowie Kollisionsuntersuchungen

Roboter-Programmiermethoden Explizite Programmierung

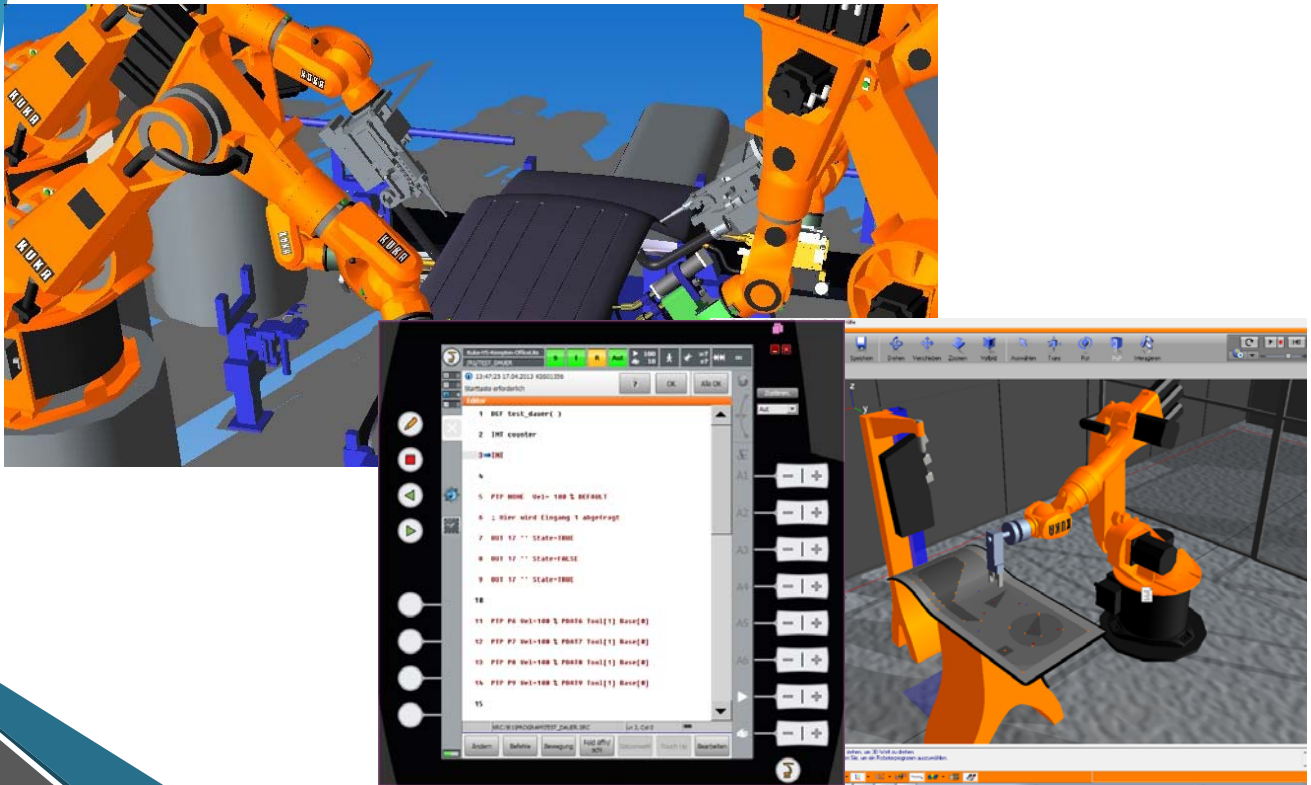
Herstellerunabhängige Programme mit Bezug zur Fabriksimulation
RobCAD von Tecnomatix



Roboter-Programmiermethoden

Explizite Programmierung

Herstellerspezifische Programme mit Bezug zur Robotersteuerung
KUKA.Sim Pro und OfficeLite von KUKA



Quelle: KUKA

Roboter-Programmiermethoden

Explizite Programmierung

Vorteile der Offline-Programmierung:

- Reduzierung der Produktionsausfallzeiten durch Programmierung außerhalb der Roboterumgebung
- Reduktion der Planungs- und Montagezeiten
- Erstellung der Programmstruktur aus CAD-Daten
- Programmierung von Roboteranwendungen in nicht oder nur schwer zugänglicher Einsatzumgebung
- Erhöhung der Sicherheit für Personal und Geräteausstattung
- Ein Programmiersystem für mehrere Roboter
- Insgesamt: digitale Absicherung der Produktion im Vorfeld, bevor kostenintensive Investitionen in Produktionsmaschinen oder Ausrüstung vorgenommen werden

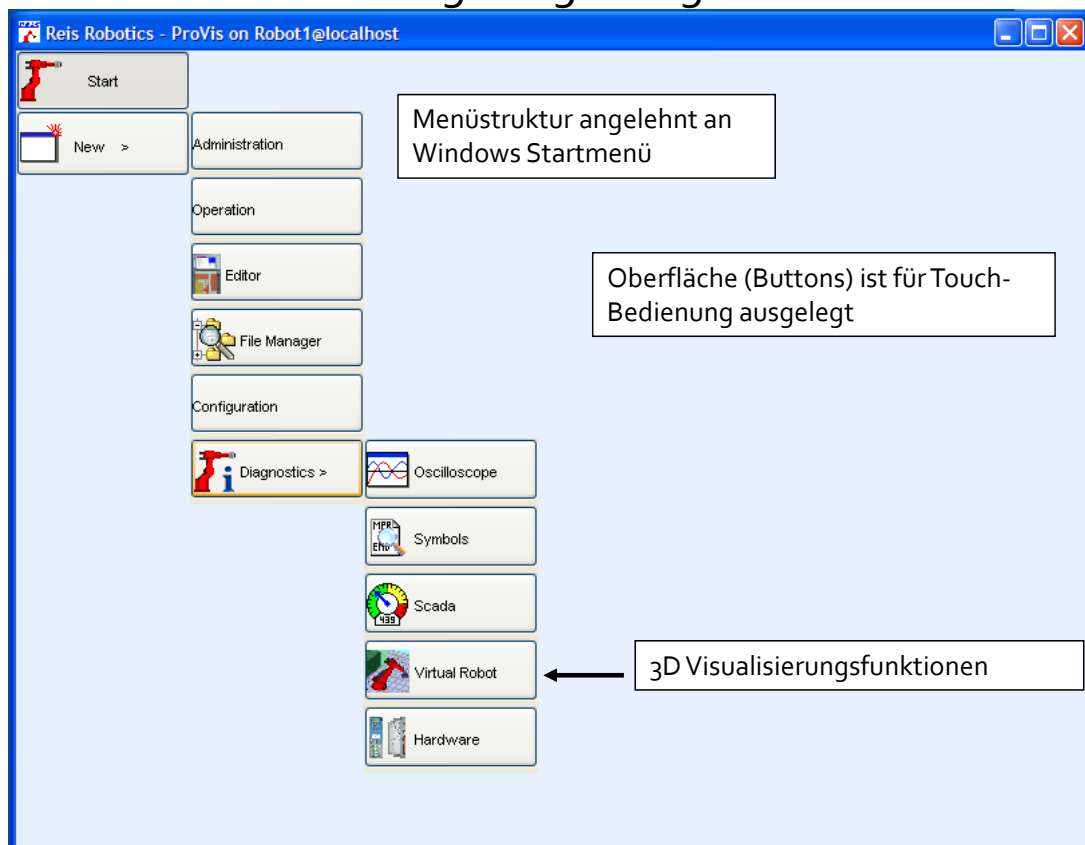
Roboter-Programmiermethoden

Explizite Programmierung

Nachteile der Offline-Programmierung:

- Programmierung erfordert hohes Abstraktionsvermögen
- Aufwändige Iterationsprozesse bei fehlerhaft erstellten Programmen
- Aufwändige Programmentwicklungsumgebung
- Keine "Standard-Roboterprogrammiersprache"

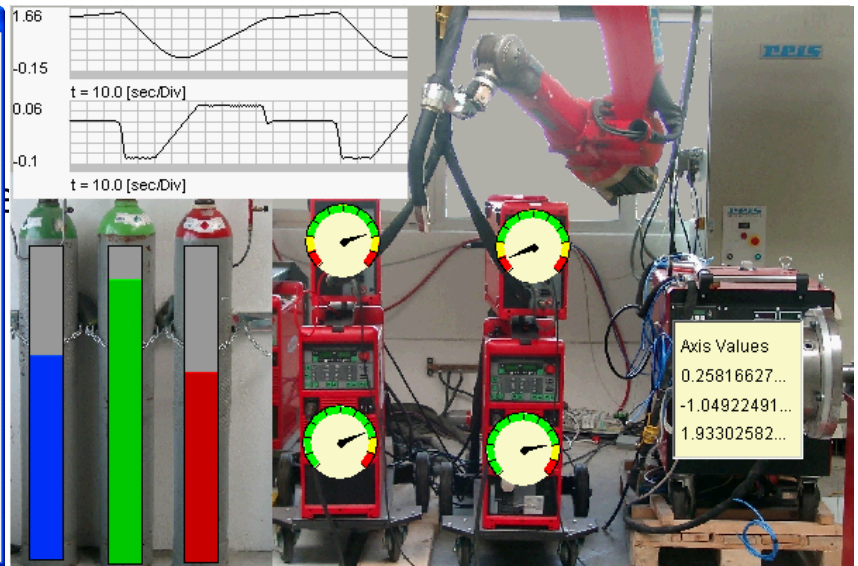
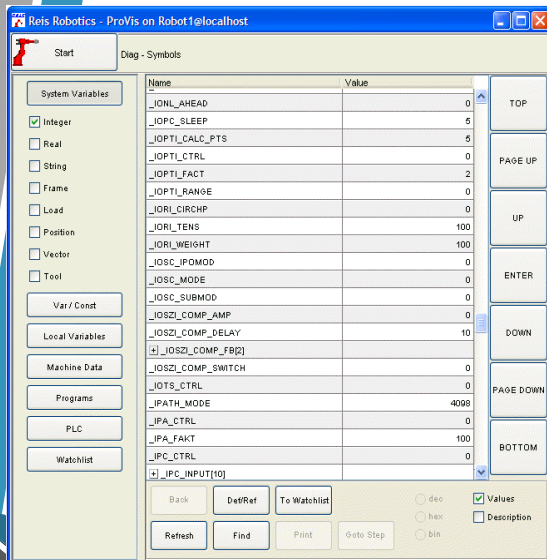
Entwicklungsumgebung von ProVis



Entwicklungsumgebung von ProVis

textuell / numerisch

und grafisch

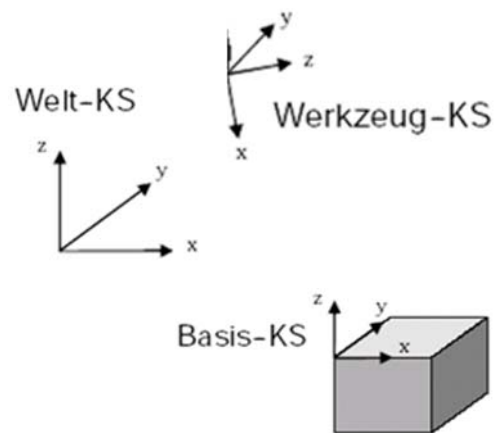


Prozess-Visualisierung

Quelle: Reis

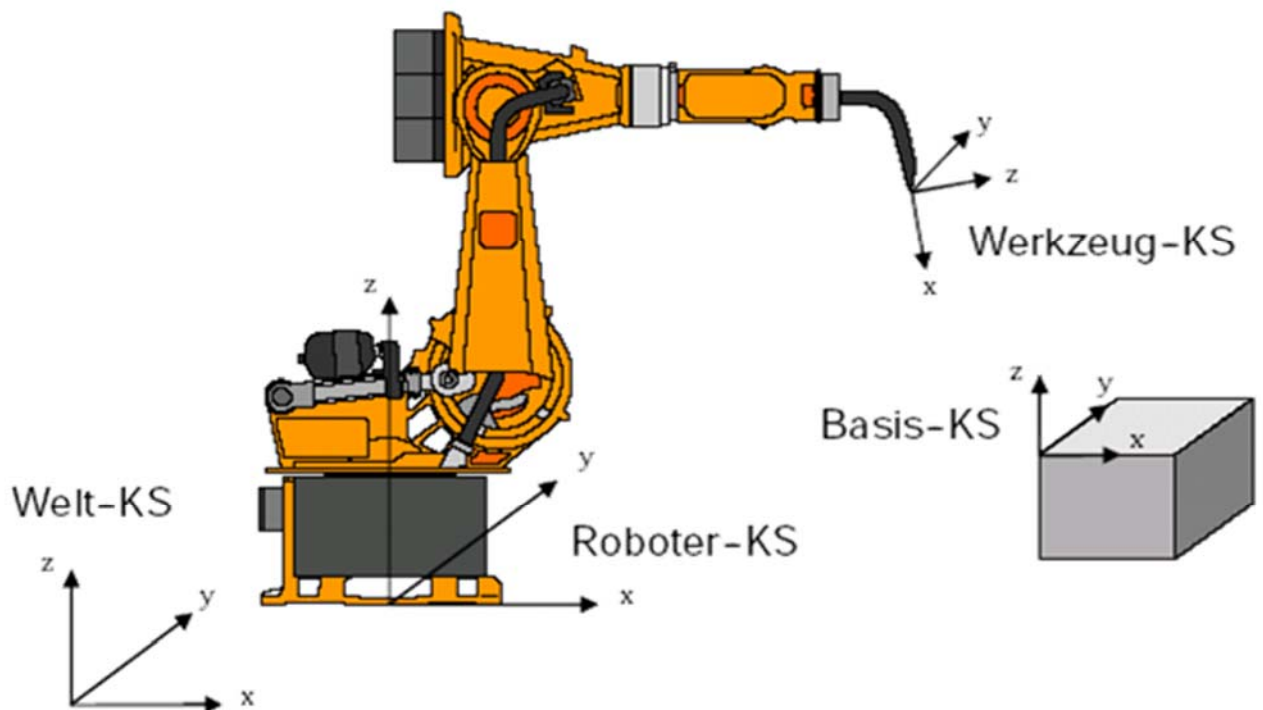
Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety



Quelle: Comau

Koordinatensysteme



Quelle KUKA

Koordinatensysteme

- **Weltkoordinatensystem:**

Ortsfestes Koordinatensystem, das als Ursprungskoordinatensystem für ein Robotersystem (Roboter, Bauteilauflage bzw. Werkzeug) dient; Bezugssystem sowohl für das Robotersystem als auch für die Zellenperipherie.

- **Roboterkoordinatensystem:**

Im Roboterfuß; Bezugskoordinatensystem für Roboteraufbau. Es bezieht sich selbst wieder auf das Weltkoordinatensystem und ist bei Auslieferung mit ihm identisch.

- **Werkzeugkoordinatensystem:**

Ursprung in der Werkzeugspitze. Die Orientierung kann dabei so gewählt werden, dass seine X-Achse mit der Werkzeug-Stoßrichtung identisch ist und aus dem Werkzeug heraus zeigt. Bei einer Bewegung der Werkzeugspitze wird das Werkzeugkoordinatensystem mitbewegt.

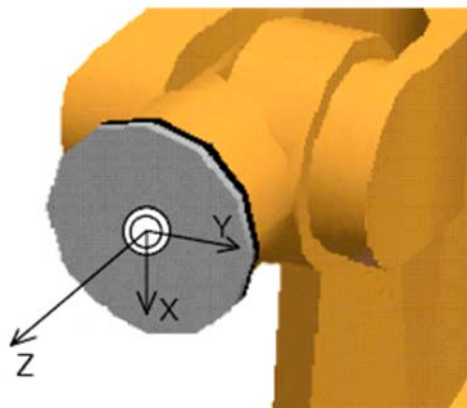
- **Basiskoordinatensystem:**

Bezugssystem für die Beschreibung der Lage des Werkstücks; Programmierung des Roboters erfolgt im Basiskoordinatensystem; Bezugskoordinatensystem ist das Weltkoordinatensystem. Bei Auslieferung sind beide identisch.

Tool-Center-Point (TCP)

Flanschkoordinatensystem

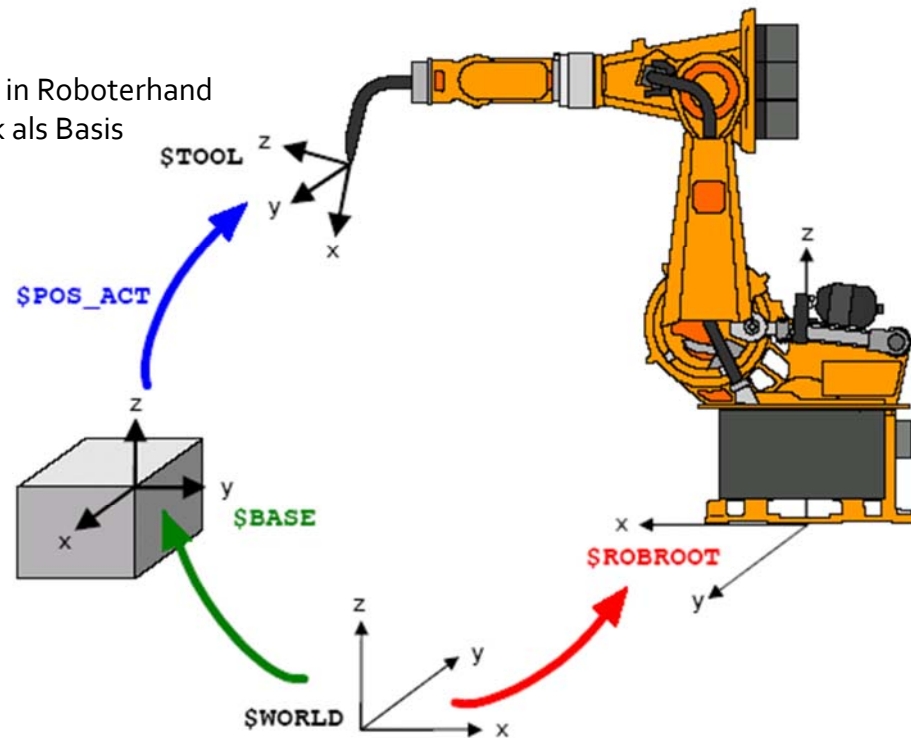
Am Flansch wird das Werkzeug befestigt



Tool-Center-Point (TCP): Referenzpunkt eines Werkzeugs; von hieraus werden die Koordinaten des Werkzeugkoordinatensystems angegeben.

Basisbezug

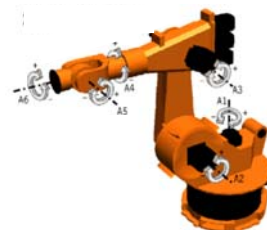
Werkzeug in Roboterhand
Werkstück als Basis



Quelle KUKA

Freiheitsgrade

- Bewegungsfreiheitsgrade (Getriebefreiheits-grade) eines Roboters:
 $F = \text{Anzahl der unabhängig voneinander angetriebenen Achsen}$
- Freiheitsgrad eines Rotationsgelenks: $FR \leq 3$
- Freiheitsgrad eines Translationsgelenks: $FT = 1$
- Anzahl der Gelenke eines Roboters: n , meist $n \leq 6$
- Kinematisch bestimmter Roboter: $f = F$

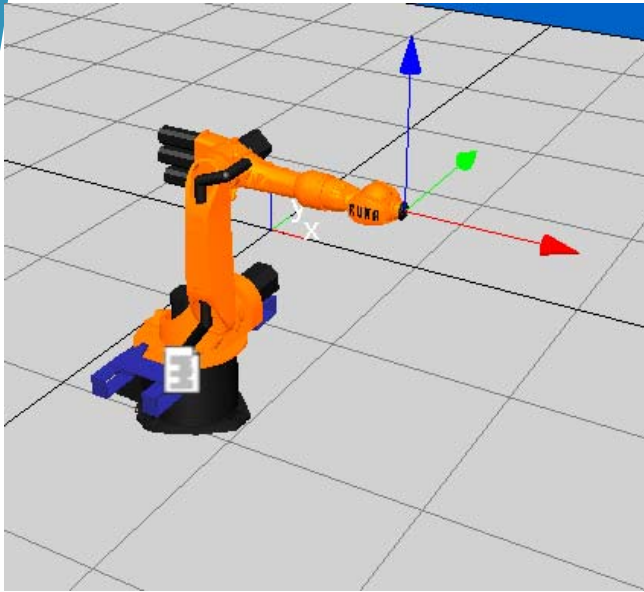


- Kinematisch redundanter Roboter: $f < F$

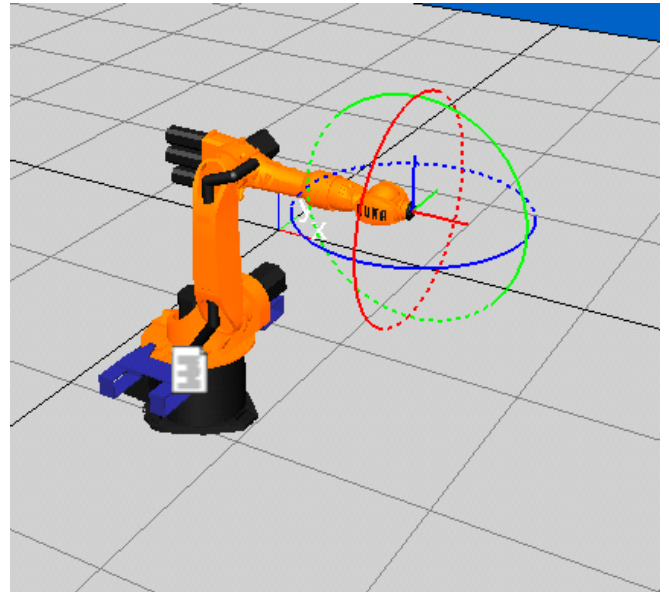


Freiheitsgrade

TCP am Roboter:



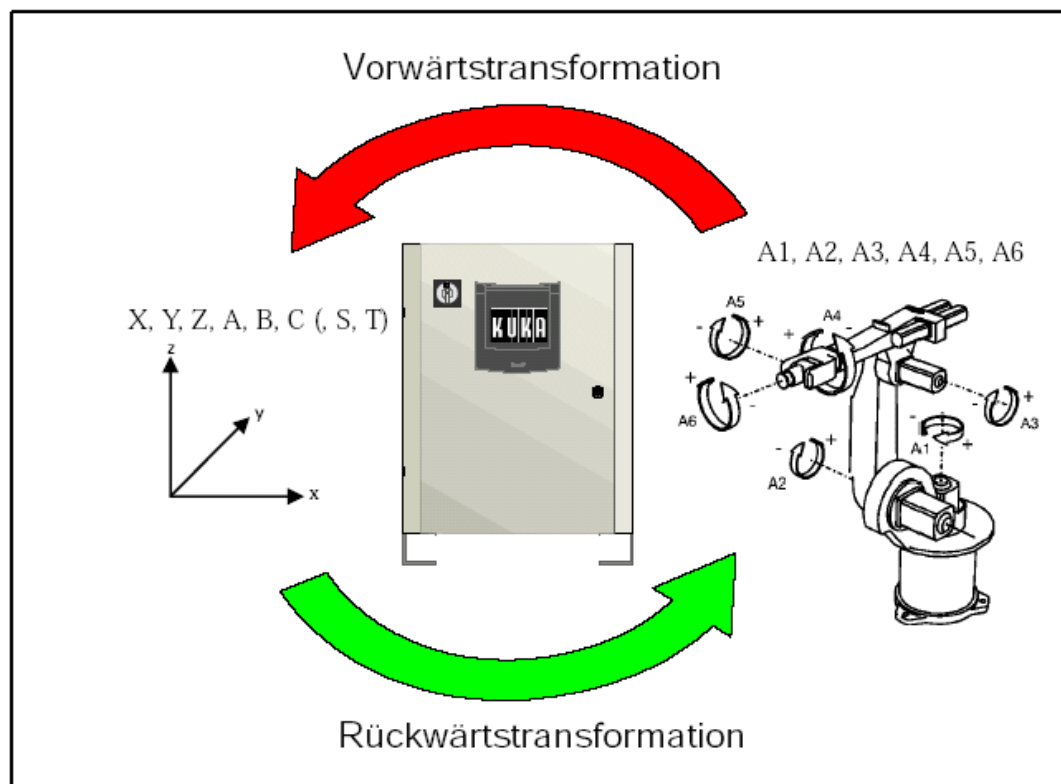
3x Translation



3x Rotation

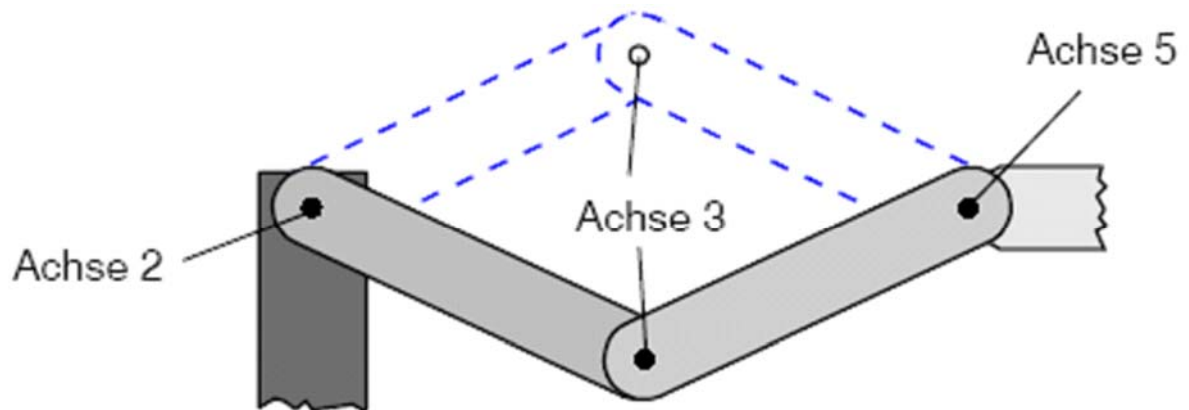
Quelle KUKA

Kinematisches Problem



Mehrdeutigkeiten

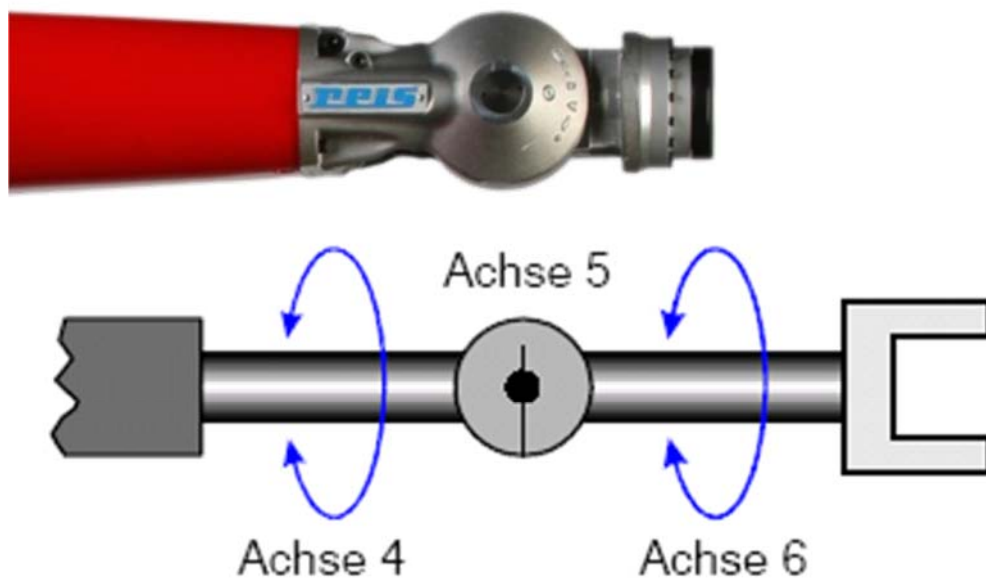
Mehrere Gelenkkoordinaten führen zu denselben Weltkoordinaten



Singularitäten

Beispiel:

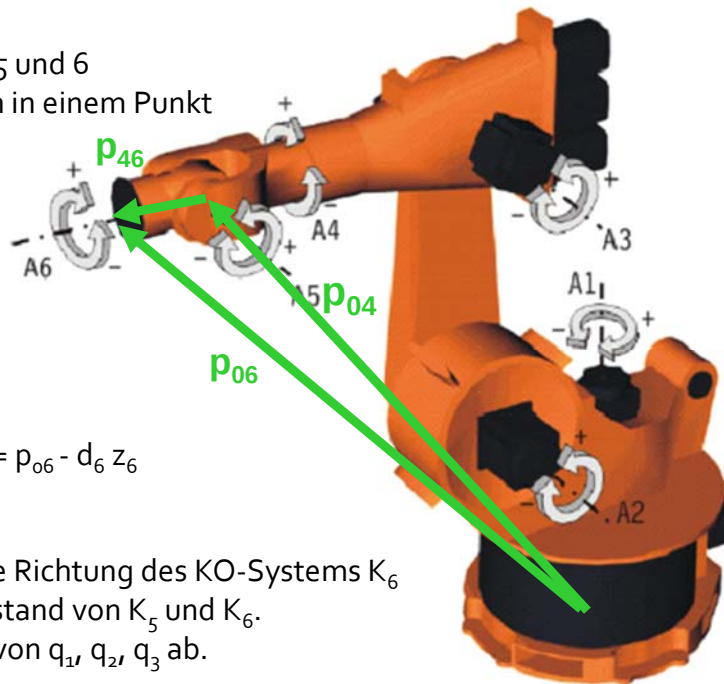
Unendlich viele Kombinationen von q_4 und q_6 führen bei dieser Stellung von q_5 zu derselben Endeffektorstellung



Lösung des inversen kinematischen Problems für 6-Achs-Kinematiken

Zentralhand:

die Achsen 4, 5 und 6 schneiden sich in einem Punkt



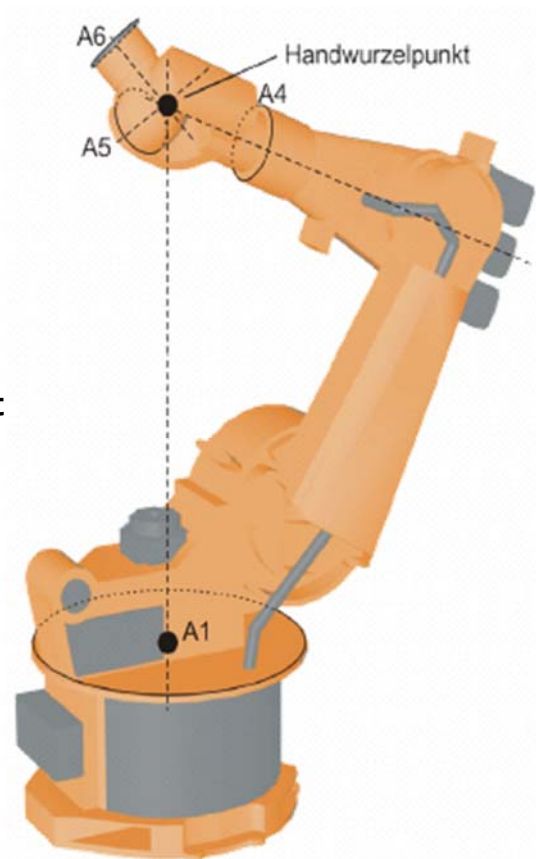
$$p_{04} = p_{06} - p_{46} = p_{06} - d_6 z_6$$

Dabei ist z_6 die Richtung des KO-Systems K_6 und d_6 der Abstand von K_5 und K_6 .
 p_{04} hängt nur von q_1, q_2, q_3 ab.

Quelle: KUKA

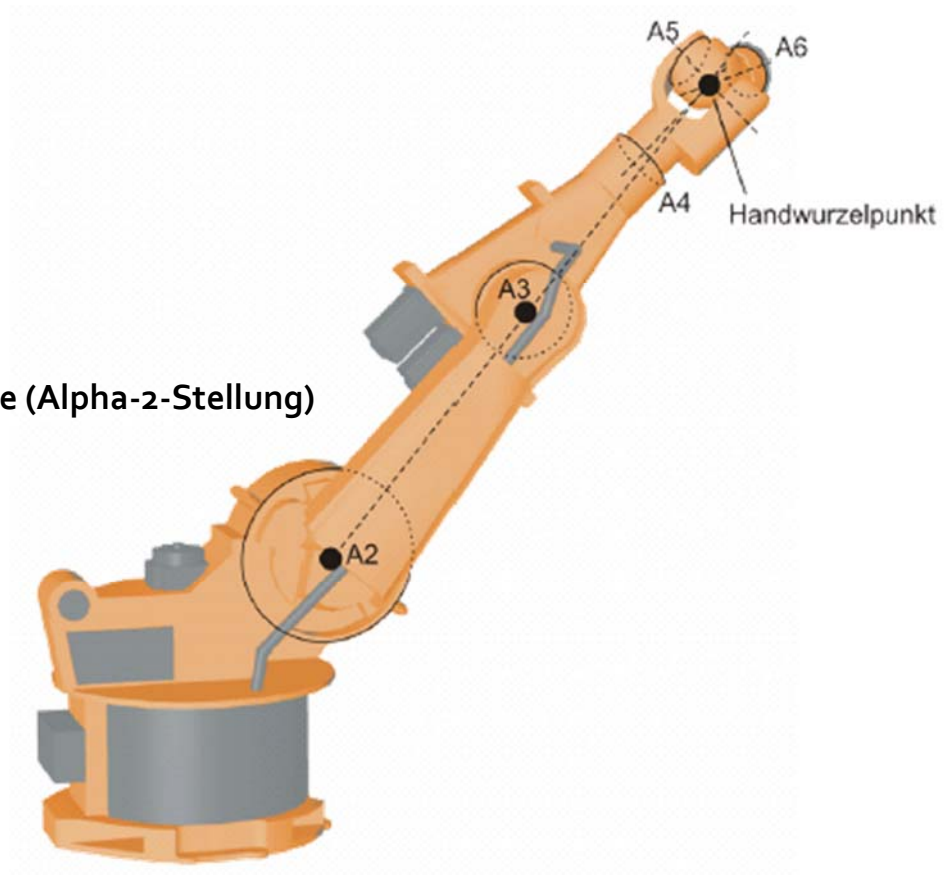
Singularitäten bei 6-Achs-Kinematiken

- Überkopf-Singularität (Alpha-1 Stellung)



Singularitäten bei 6-Achs-Kinematiken

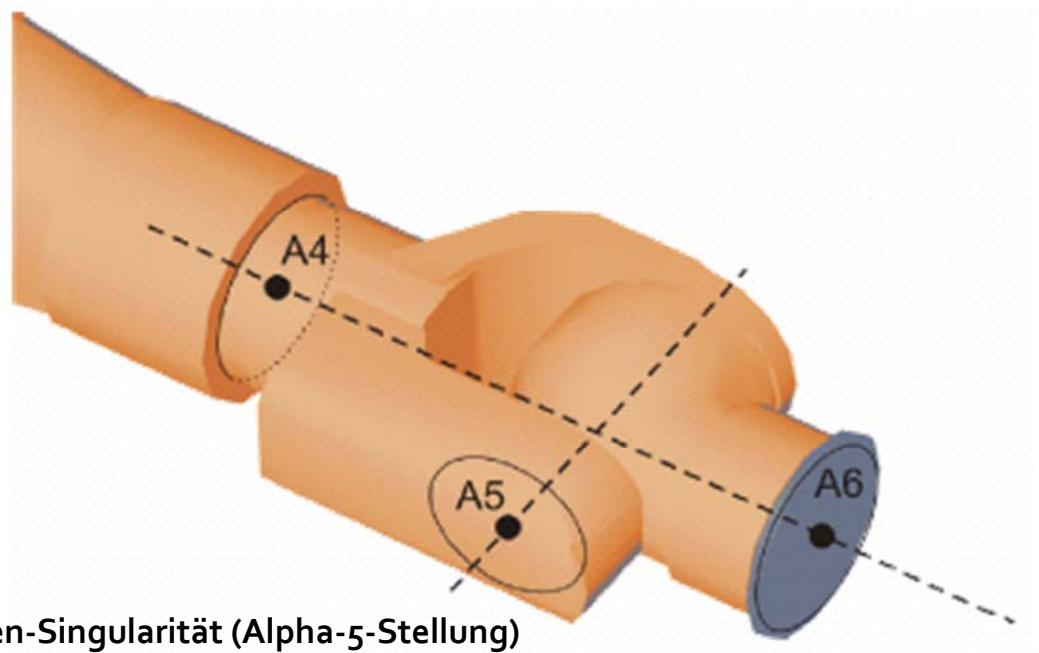
- Strecklage (Alpha-2-Stellung)



Quelle: KUKA

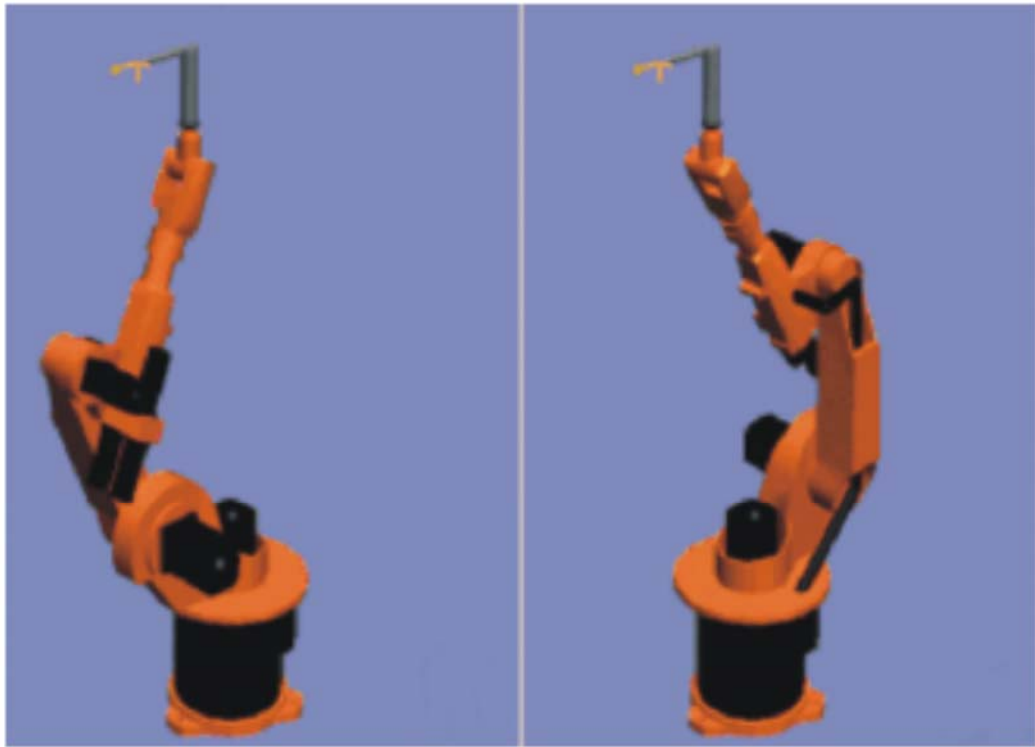
Singularitäten bei 6-Achs-Kinematiken

- Handachsen-Singularität (Alpha-5-Stellung)



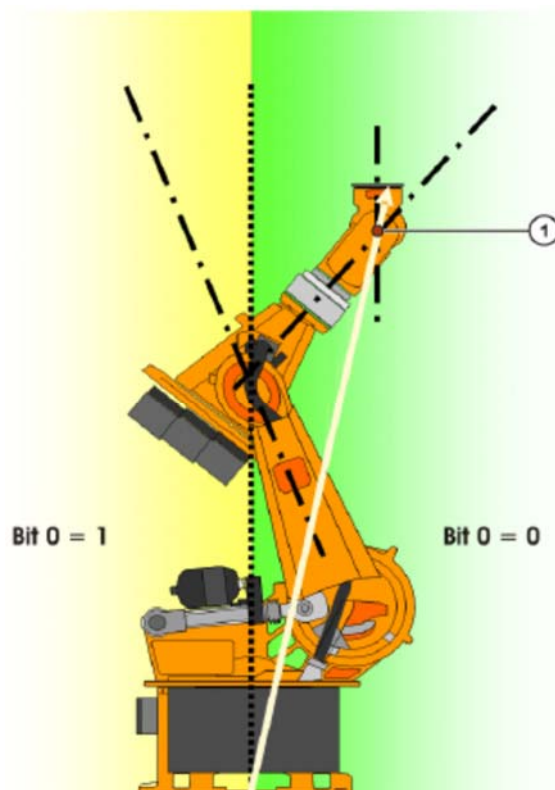
Quelle: KUKA

Status und Turn



Quelle: KUKA

Statusbit 0

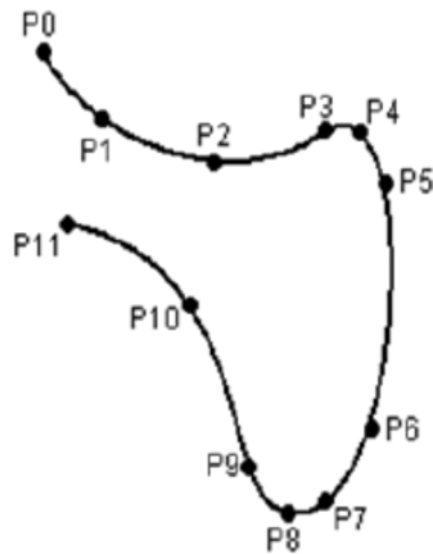


Der Schnittpunkt der Handachsen (A4, A5, A6) liegt im Grundbereich.

Quelle: KUKA

Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety

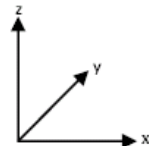


Quelle: Comau

Trajektorie

Definition der Trajektorie
im kartesischen Raum

$X, Y, Z, A, B, C, (S, T)$

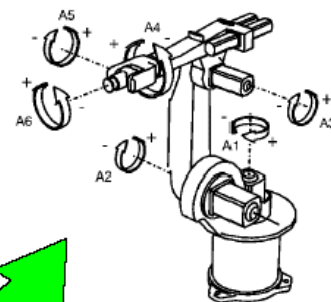


Vorwärtstransformation



Definition der Trajektorie
im Gelenkraum

$A1, A2, A3, A4, A5, A6$



Rückwärtstransformation

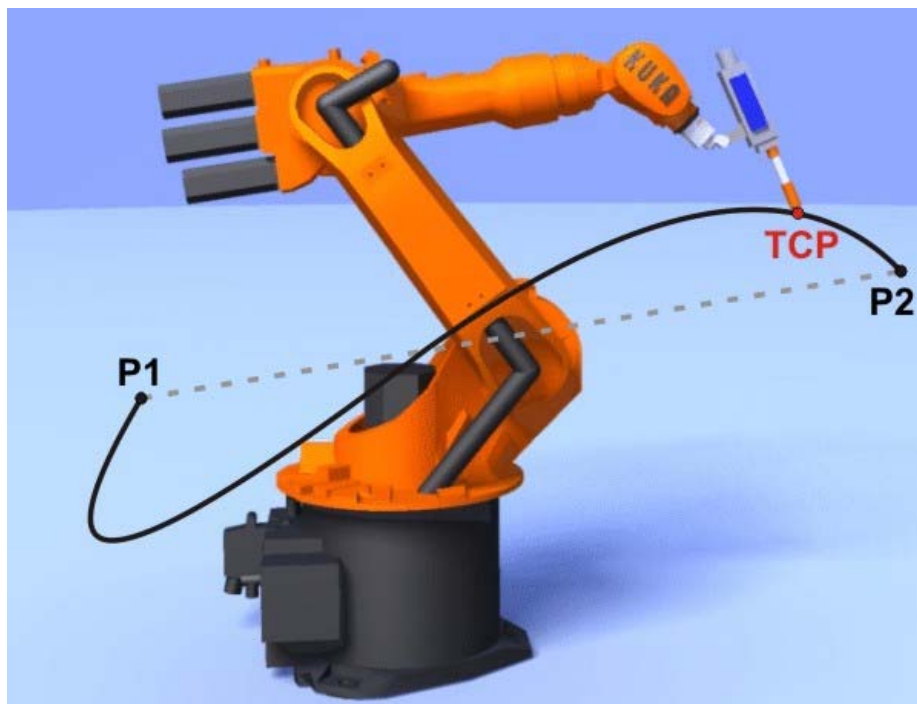


Bahnplanungsverfahren

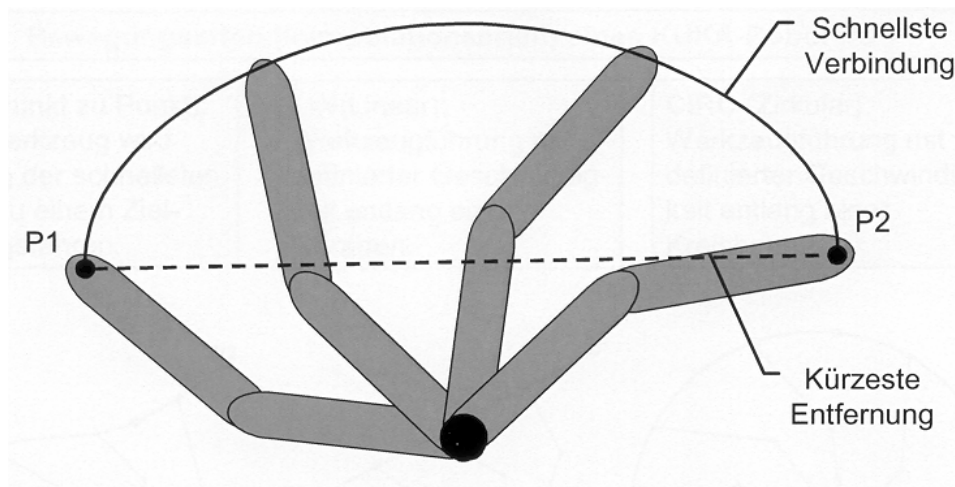
- **Punktsteuerung (Point-to-Point, PTP)**
- **Bahnsteuerung (Continuous Path, CP)**
 - Linearbahn (LIN)
 - Zirkularbahn (CIRC)
 - Spline (SPLINE)

Bahnplanungsverfahren

- Planung von Punkt zu Punkt (PTP)

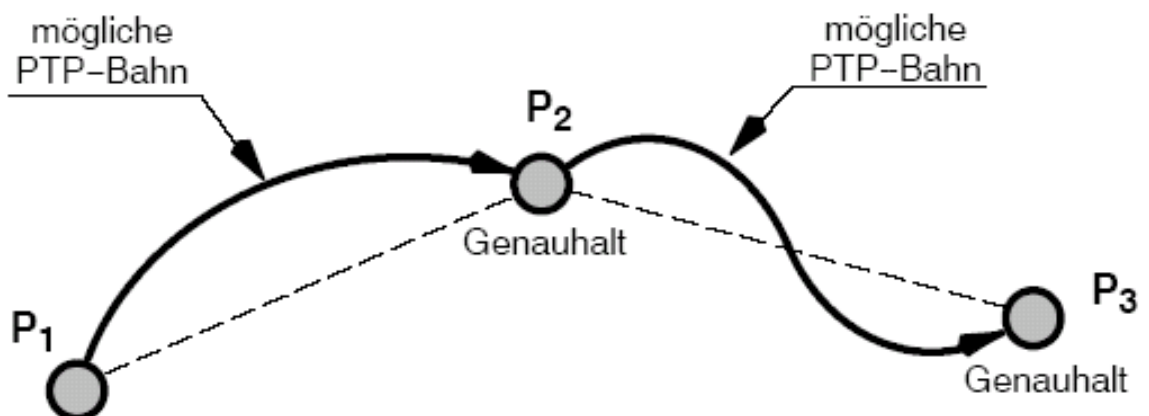


Punkt-zu-Punkt-Bewegungen (PTP)

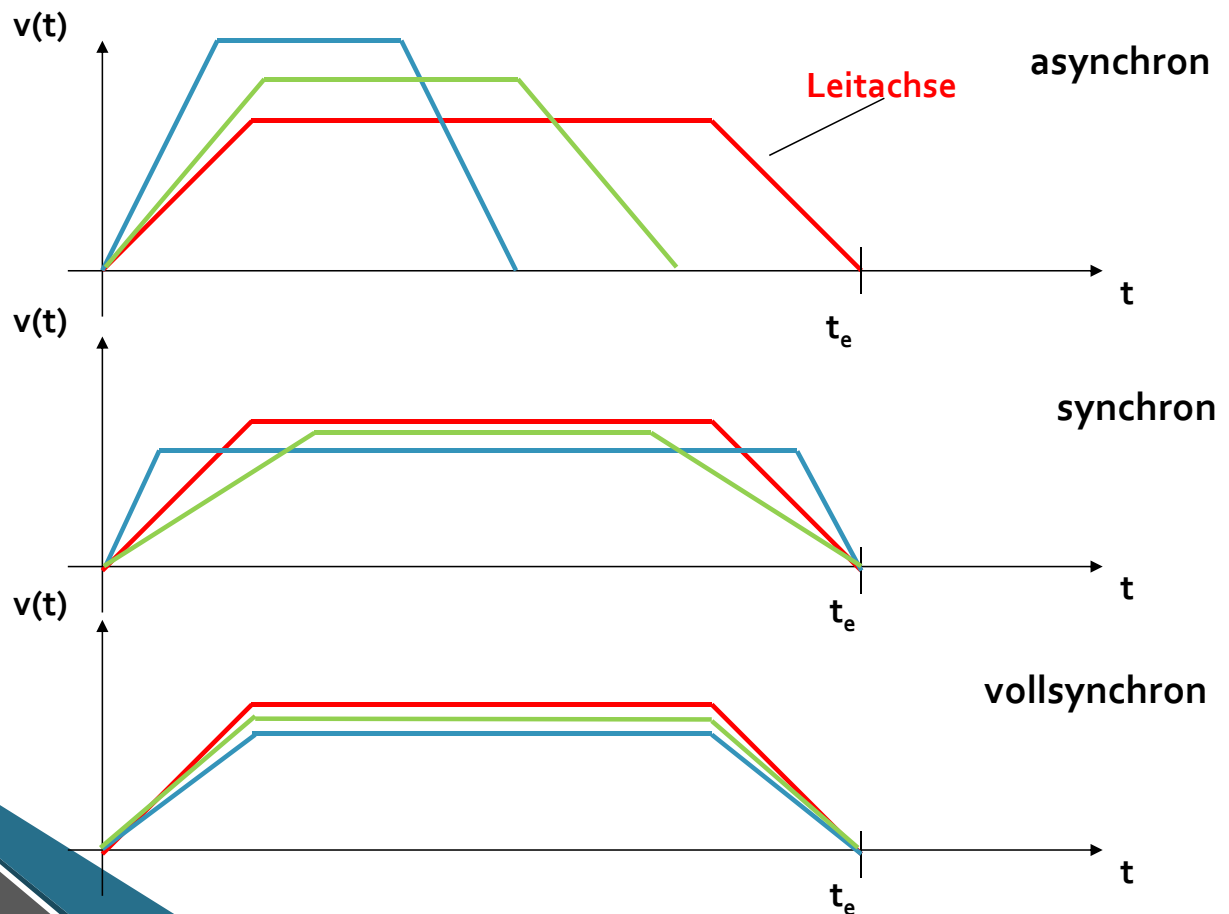


Punkt-zu-Punkt-Bewegungen (PTP)

- PTP-Bewegung mit Genauhalt
- Bei PTP-Bewegungen mit Genauhalt wird jeder Zielpunkt exakt angefahren.



Punkt-zu-Punkt-Bewegungen (PTP) synchron

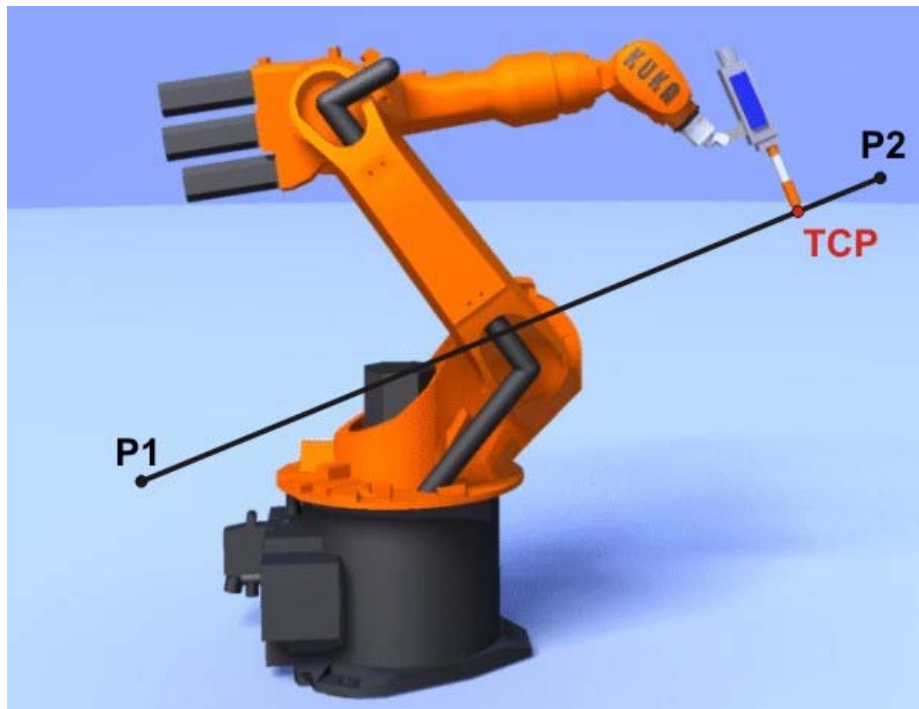


Steuerungsarten

- Punktsteuerung (Point-to-Point, PTP)
- **Bahnsteuerung (Continuous Path, CP)**
 - Linearbahn (LIN)
 - Zirkularbahn (CIRC)
 - Spline (SPLINE)

Bahnplanungsverfahren

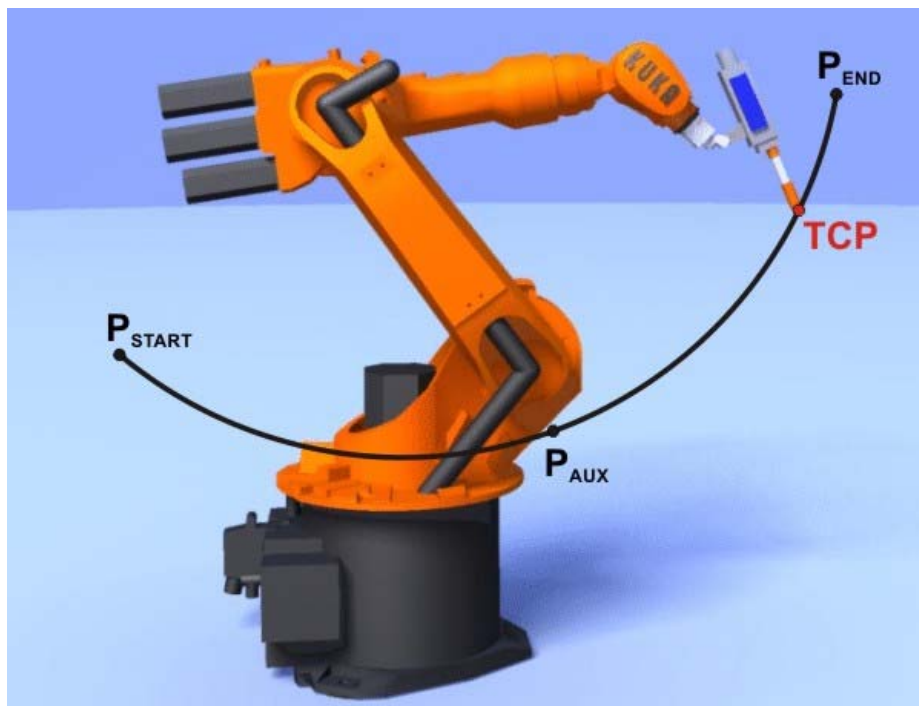
- Interpolierte geradlinige Bahnsegmente zwischen den Raumpunkten (LIN)



Quelle: KUKA

Bahnplanungsverfahren

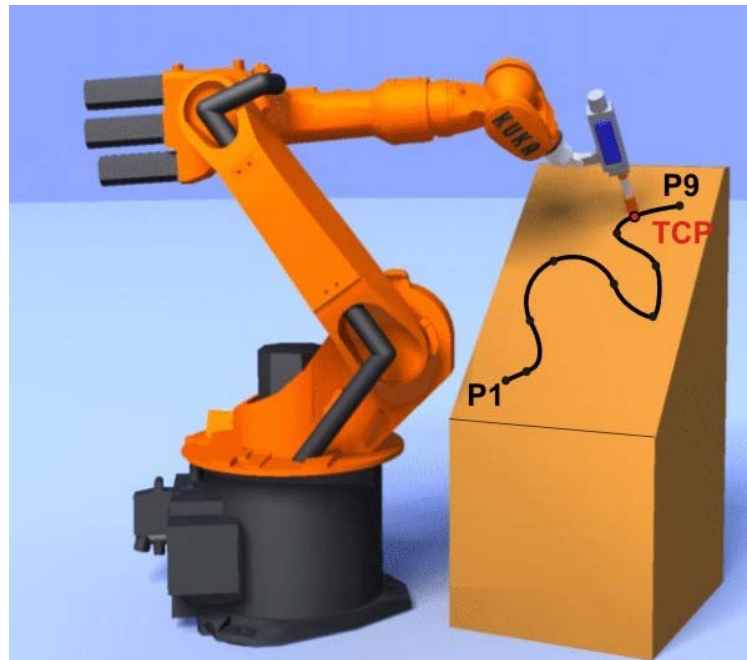
- Interpolierte Kreissegmente mit und ohne Überschleifen (CIRC und CIRC-Überschleifen)



Quelle: KUKA

Bahnplanungsverfahren

- Spline Funktion → Algebraische Funktionen (Polynome)

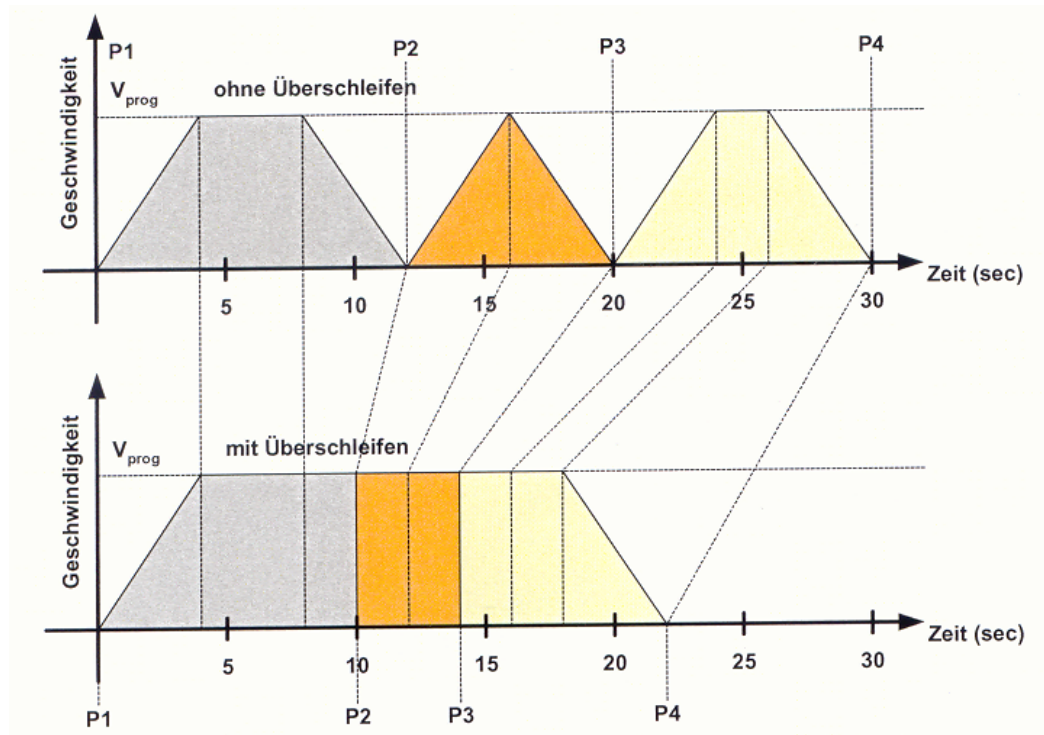


Quelle: KUKA

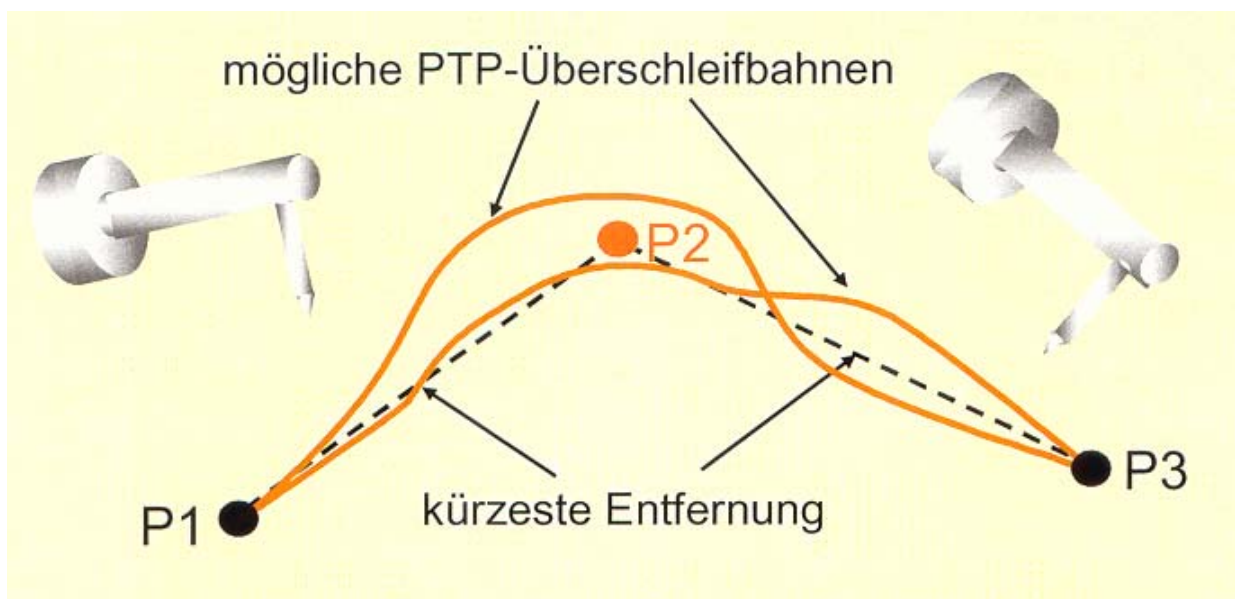
Bahnplanungsverfahren CP

- **Definierte Bewegung im kartesischen Raum**
- Im Gegensatz zur Punktsteuerung sind große Änderungen der Gelenkkoordinaten möglich -> stärkere Beanspruchung der Mechanik
- Auch bei gültigen Start- und Zielstellungen können die Zwischenwerte außerhalb des Arbeitsbereichs des Roboters liegen
- Falls möglich, sollten PTP-Bewegungen eingesetzt werden
- Für Bahnapplikationen, wie Schweißen, Laserschneiden, Kleben und Lackieren sind jedoch Bahnbewegungen erforderlich

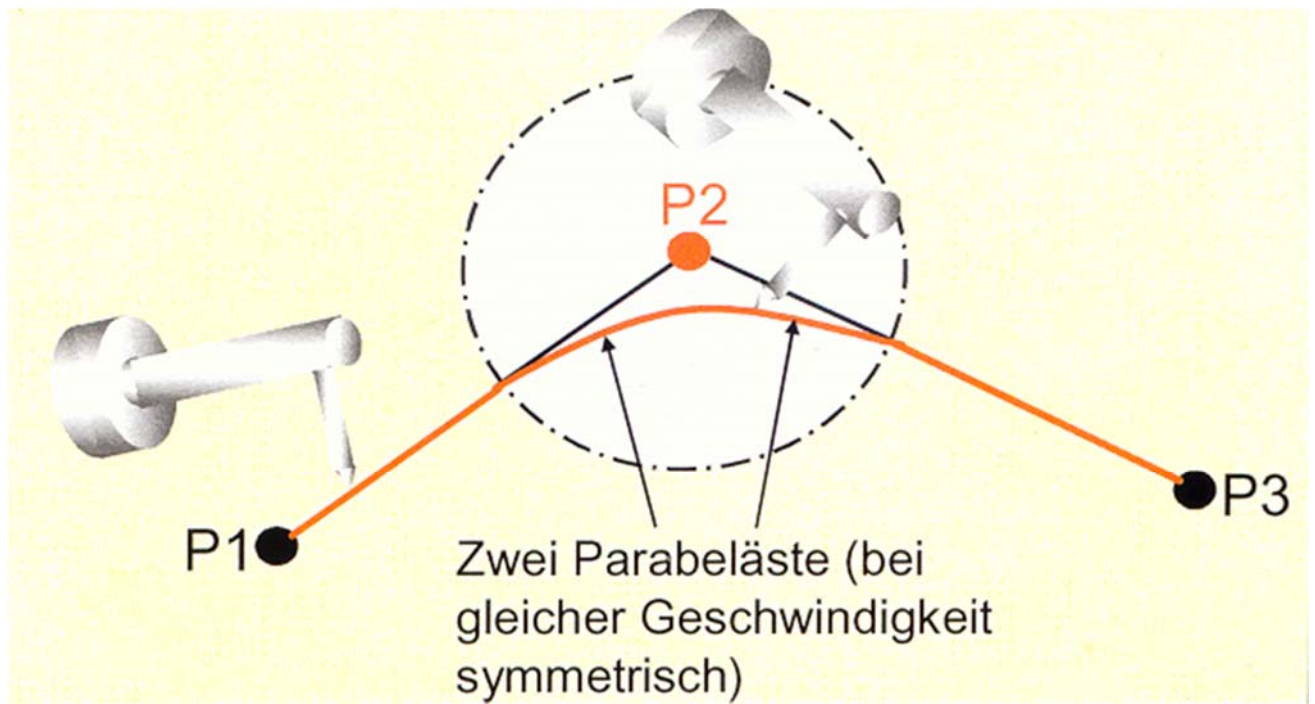
Überschleifen



PTP-Überschleifen

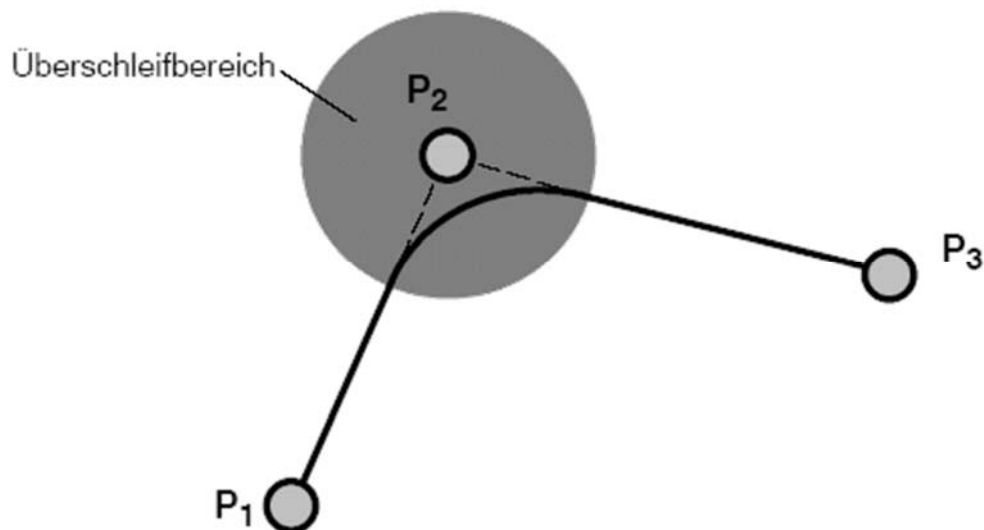


LIN-Überschleifen

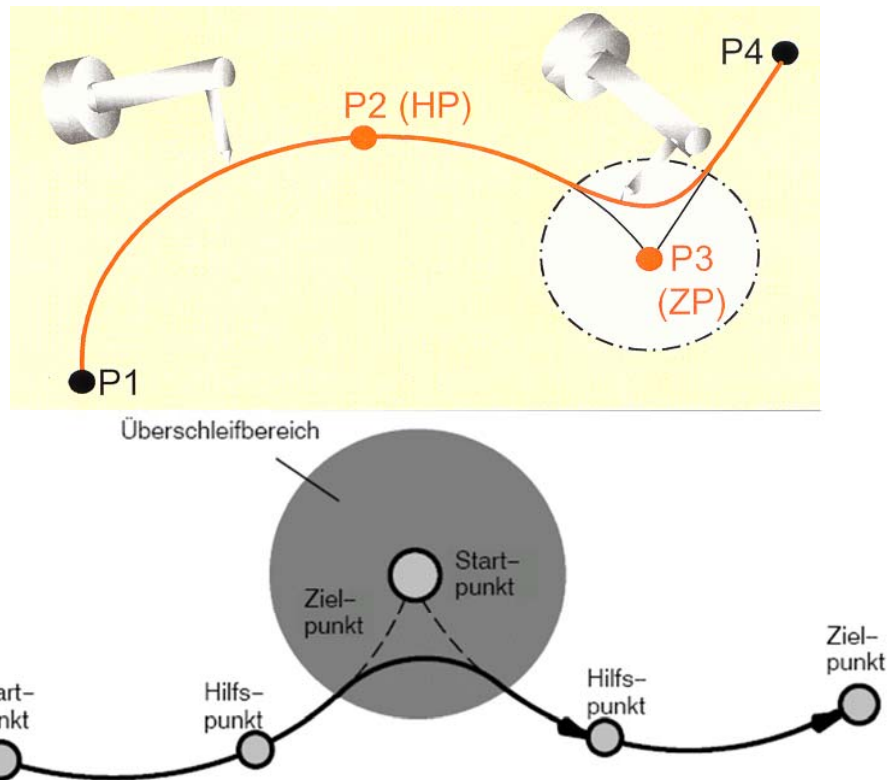


LIN-Überschleifen

- Geschwindigkeitsüberschleifen setzt ein, sobald die Bahngeschwindigkeit unter einen vordefinierten Wert sinkt
- Positionsüberschleifen beginnt, sobald der Abstand des TCP zu einer Zwischenstellung einen vordefinierten Mindestabstand unterschreitet



CIRC-Überschleifen



Spline-Interpolation

- Spline Funktion → Algebraische Funktionen (Polynome)
- Eigenschaften:
- Die Bahn verläuft immer gleich, unabhängig von Override, Geschwindigkeit oder Beschleunigung. Auch im manuellen Betrieb wird die gleiche Bahn gefahren.
- Kreise und enge Radien werden mit hoher Präzision gefahren.
- Eine Spline-Bewegung besteht aus mehreren einzelnen Bewegungen, den Spline-Segmenten. Diese werden einzeln geteacht. Die Segmente werden in einem sogenannten Spline-Block zur Gesamtbewegung zusammengefasst.
- Ein Spline-Block wird von der Robotersteuerung als 1 Bewegungssatz geplant und ausgeführt.
- Alle Punkte werden durchfahren (kein Überschleifen)
- Wenn alle Punkte in einer Ebene liegen, dann liegt auch die Bahn in dieser Ebene.
- Wenn alle Punkte auf einer Geraden liegen, dann ist die Bahn ebenfalls eine Gerade.



Vergleich Interpolation

	Kartesisch (CP)	Gelenk (PTP)
Näher an der Aufgabe	+	-
Einfachheit gerade Bahn	+	-
Näher an der Steuerung	-	+
Keine Mehrdeutigkeit	-	+
Keine inverse Kinematik	-	+
Einfachere Interpolation	+	-
Berücksichtig. v. Grenzen	-	+

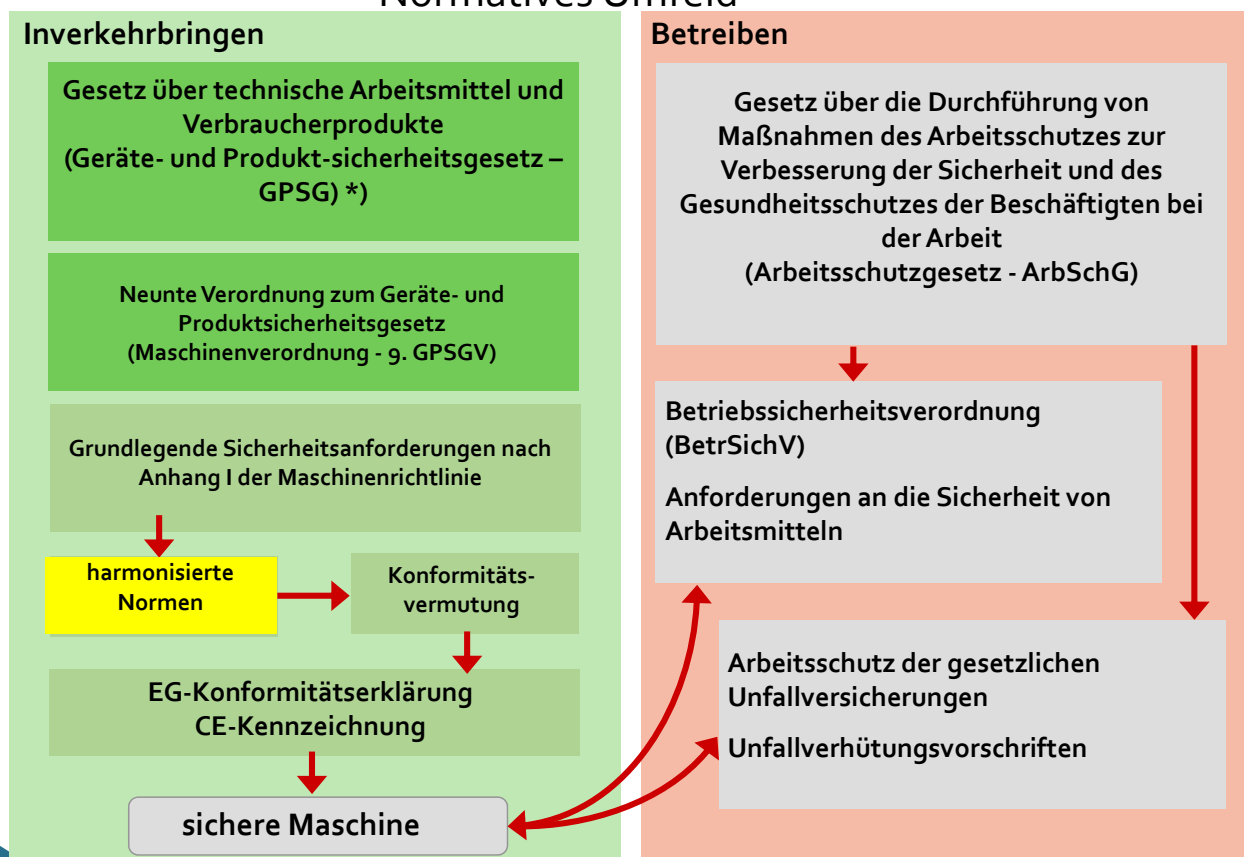
Gliederung Robotergrundlagen

1. Mechanik
2. Steuerung
3. Programmierung
4. Koordinatentransformation
5. Bahnplanung
6. Safety



Quelle: Pilz

Was fordern die Sicherheitsstandards? Normatives Umfeld



Betriebsarten

- **Betriebsarten-Wahl**

- Testbetrieb
(schrittweises Abarbeiten von Befehlen;
auch bei geöffneter Schutztür)
- Automatikbetrieb
(automatisches Abarbeiten von Programmen;
nur bei geschlossener Schutztür)
- Override: manuelles Übersteuern von programmierten
Geschwindigkeiten
- Bedienung über Funktionstasten des
Programmierhandgeräts

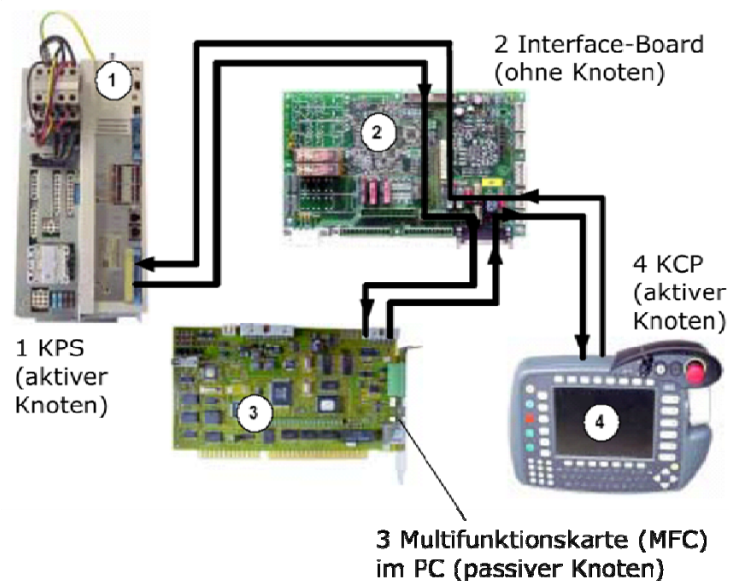


Quelle: COMAU

Betriebsarten

Betriebs- art	Verwendung	Geschwindigkeiten
T1	Für Testbetrieb, Programmierung und Teachen	Programmverifikation: - Programmierte Geschwindigkeit, max. 250 mm/s Handbetrieb: - Handverfahrensgeschwindigkeit, max. 250 mm/s
T2	Für Testbetrieb	Programmverifikation: - Programmierte Geschwindigkeit Handbetrieb: - Nicht möglich
AUT	Für Industrieroboter ohne übergeordnete Steuerung	Programmverifikation: - Programmierte Geschwindigkeit Handbetrieb: - Nicht möglich
AUT EXT	Für Industrieroboter mit übergeordneter Steuerung z.B. SPS	Programmverifikation: - Programmierte Geschwindigkeit Handbetrieb: - Nicht möglich

Sicherheitssystem



Übersicht

- Sicherheitslogik wird in Steuerungen immer 2-kanalig oder in sicherer Bustechnik ausgeführt
- Bei Versagen einer der eingebundenen Komponenten:
 - Sofortiges Abschalten der Antriebe
 - Stillstand des Roboters

Quelle: KUKA

Sicherheitseinrichtungen Stopp-Kategorien nach EN 60204-1

• STOP 0

Kategorie 0: Stillsetzen durch sofortiges Abschalten der Energie zu den Maschinen-Antriebselementen (d. h. ein *ungesteuertes Stillsetzen*).

Ungesteuertes Stillsetzen: Das Stillsetzen einer Maschinenbewegung durch Abschalten der Energie zu den Maschinen-Antriebselementen, Betätigen aller Bremsen und/oder anderer mechanischer Stillsetzeinrichtungen.

• STOP 1

Kategorie 1: Ein *gesteuertes Stillsetzen*, wobei die Energie zu den Maschinen-Antriebselementen beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen. Die Energie wird erst dann unterbrochen, wenn der Stillstand erreicht ist.

Gesteuertes Stillsetzen: Das Stillsetzen einer Maschinenbewegung durch z. B. Zurücksetzen des elektrischen Befehlssignals auf Null, sobald das Stop-Signal von der Steuerung erkannt worden ist, jedoch bleibt die elektrische Energie zu den Maschinen-Antriebselementen während des Stillsetzvorganges erhalten.

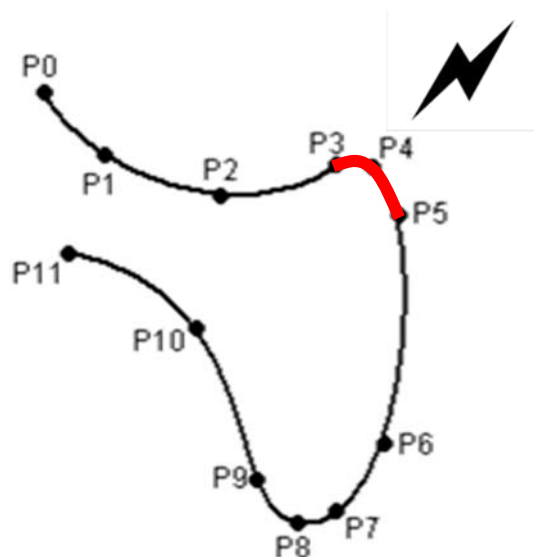
• STOP 2

Kategorie 2: Ein gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energie zu den Maschinen-Antriebselementen beibehalten wird.

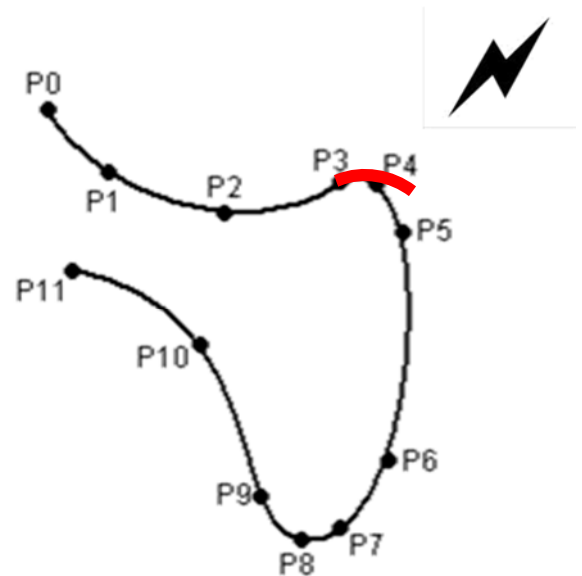
Sicherheitseinrichtungen Stopp-Kategorien nach EN 60204-1

Fachbegriff	Reaktion der Antriebe	Zwischenkreis	Kurzschluss-Bremsrelais	Bremsen	Software	
Kurzschlussbremsung (Generatorischer Stop)	sofort abschaltet	Schnellentladung	fällt sofort ein	fällt sofort ein	—	STOP 0
Bahntreue Bremsung	erst nach 1 Sec. hardwaremäßiger Verzögerung abgeschaltet.	Bleibt noch 1 Sec.; bei $U_{ZWK} < 50V$ erfolgt Schnellentladung	bleibt offen	fallen nach 1 Sec ein	In dieser Zeit bremsst die Steuerung den KR mit einer verschärften Stoprampe auf der Bahn ab	STOP 1
Bahnnahe Bremsung	sofort abgeschaltet	Entlädt sich dabei; bei $U_{ZWK} < 50V$ erfolgt Schnellentladung	bleibt offen	fallen sofort ein	Die Steuerung versucht noch mit der verbleibenden Zwischenkreisspannung bahntreu zu bremsen. Wenn die Zwischenkreisspannung dazu nicht mehr reicht, wird auf generatorischen Stop umgeschaltet.	
Rampenstop	bleiben Ein	bleibt	bleiben offen	bleiben offen	Normale Rampe, die auch beim normalen Beschleunigen und Bremsen im Punkt verwendet wird.	STOP 2

Sicherheitseinrichtungen Stopp-Kategorien nach EN 60204-1



Bahntreue Bremsung:
TCP bleibt auf der geplanten Bahn

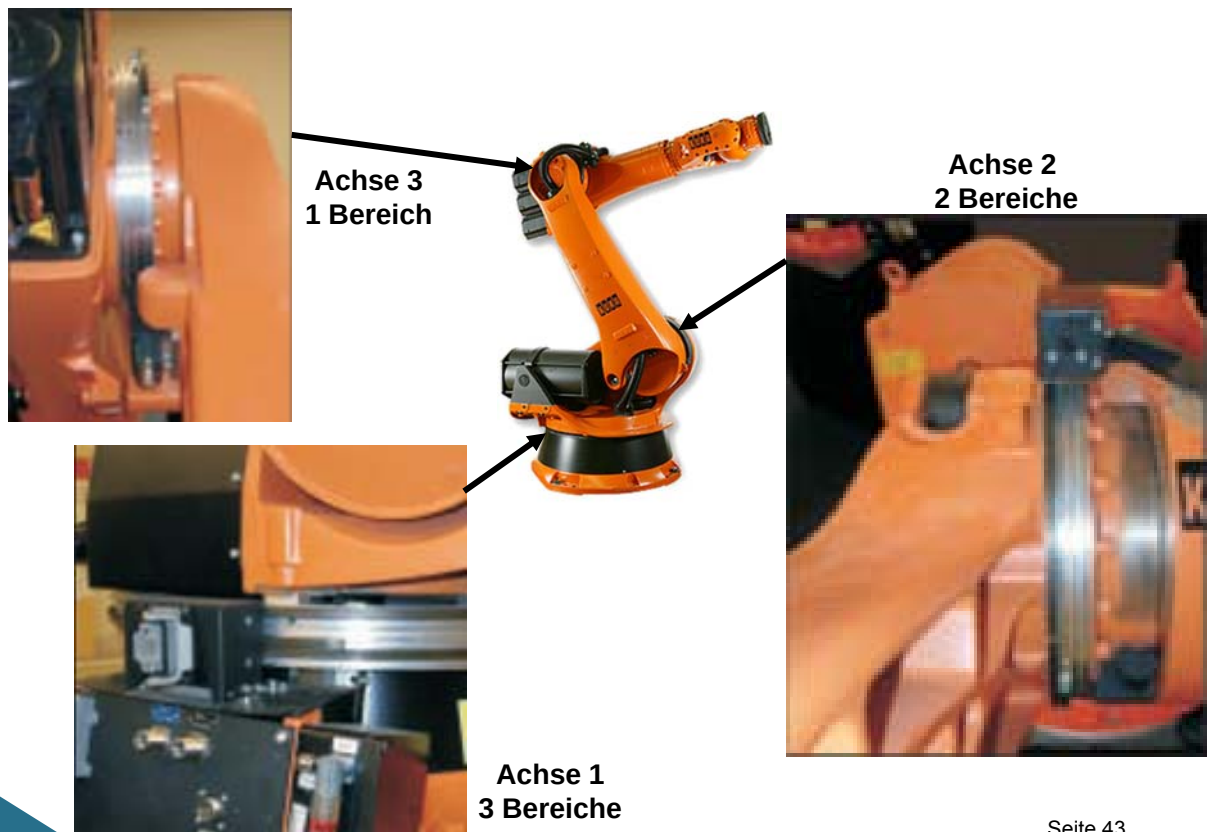


Bahnnahe Bremsung:
TCP verlässt die geplante Bahn

Sicherheitseinrichtungen Stopp-Kategorien nach EN 60204-1

	Hand	AUTOEXT
NOT-AUS	Bahnnähe Bremsung	Bahntreue Bremsung
Zustimmtaster lösen	Bahnnähe Bremsung	---
Schutztüre öffnen	---	Bahntreue Bremsung
Antriebe Aus	Bahnnähe Bremsung	
Betriebsartenwechsel	Bahnnähe Bremsung	
Geberfehler	Kurzschlussbremsung	
Fahrfreigabe	Rampenstop	
Stop-Taste	Rampenstop	

Achsbereichsüberwachung Einzelachsen



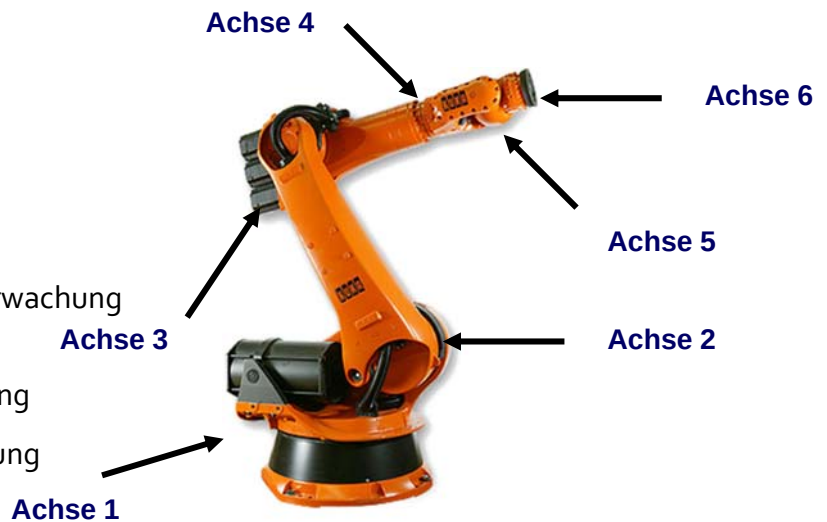
Sicher überwachter Industrieroboter

Achsbereichsüberwachung in sicherer Software

- Ersetzt mechanische Näherungsschalter und erweitert die Überwachung auf alle Achsen (inkl. Zusatz- und Linearachsen)
- Verkürzt die Inbetriebnahme
- Reduziert Ausfallzeiten bei Robotertausch

Funktionen:

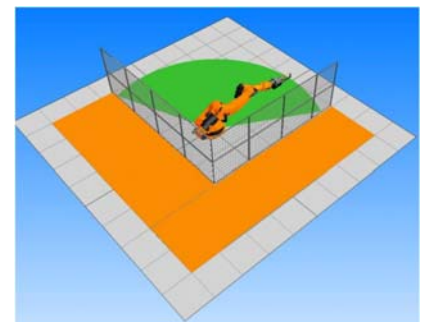
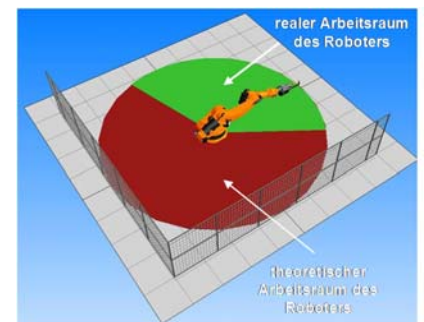
- Kartesische Arbeitsraumüberwachung
- Sichere Geschwindigkeitsüberwachung
- Sichere Stillstandsüberwachung



Quelle: KUKA

Anwendungsfälle von Robotern in sicherer Technik

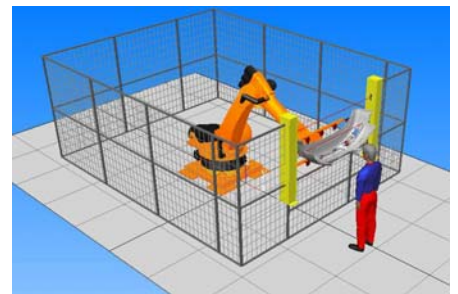
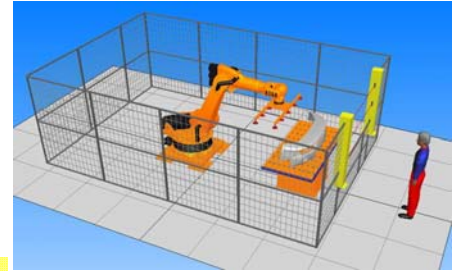
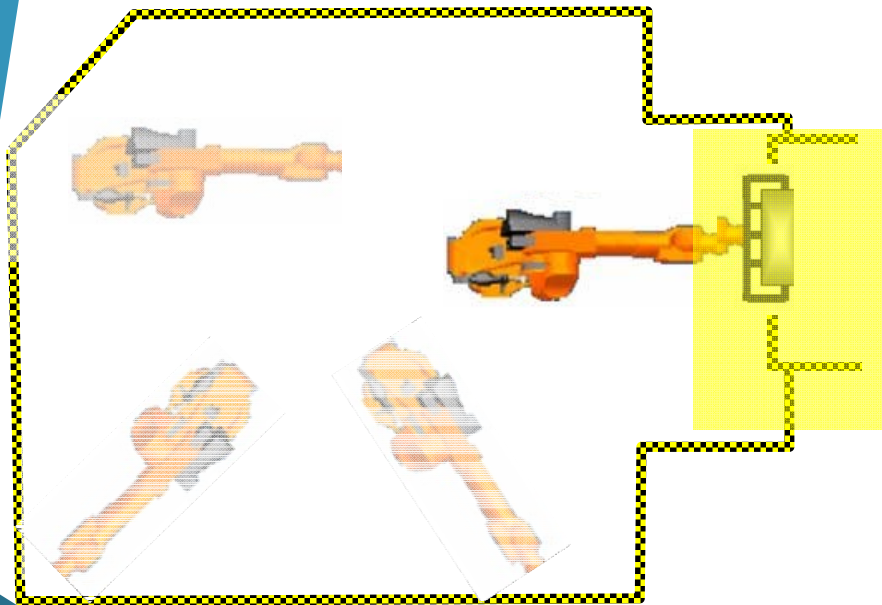
Reduzierung der Produktionsfläche:



Quelle: KUKA

Anwendungsfälle von Robotern in sicherer Technik

Absicherung von Einlege- und Entnahmestationen



Quelle: KUKA

Anwendungsfälle von Robotern in sicherer Technik

Ausschließlich handgeführte Roboter

Durch die sicheren Überwachungen wird die direkte Zusammenarbeit mit dem Menschen möglich

Ersatz von herkömmlichen Manipulatoren

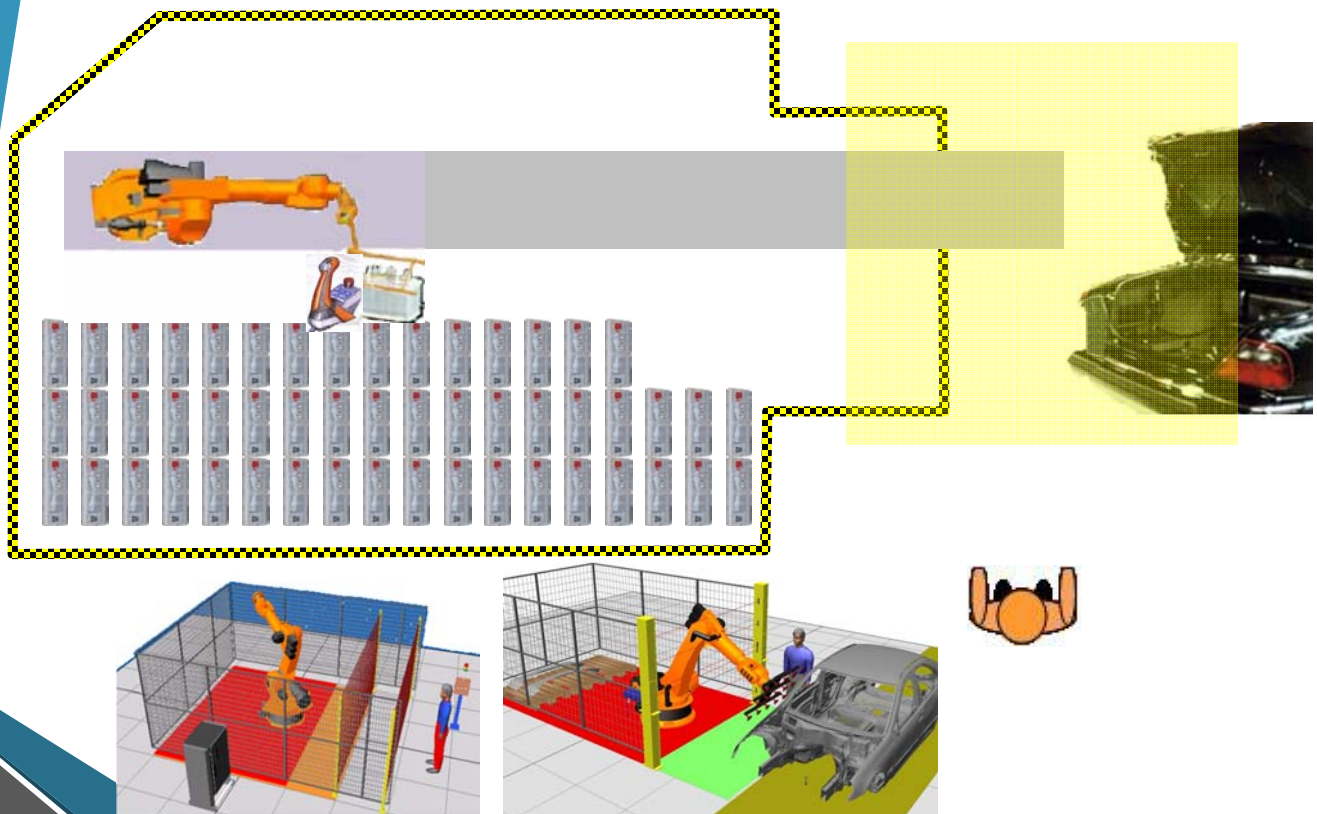


Der Mensch als derzeit weltbesten Universalsensor unterstützt durch die Kraft des Roboters ...

Quelle: KUKA

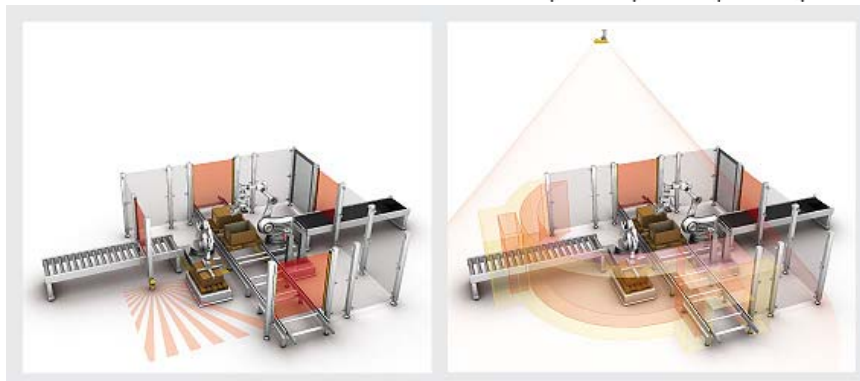
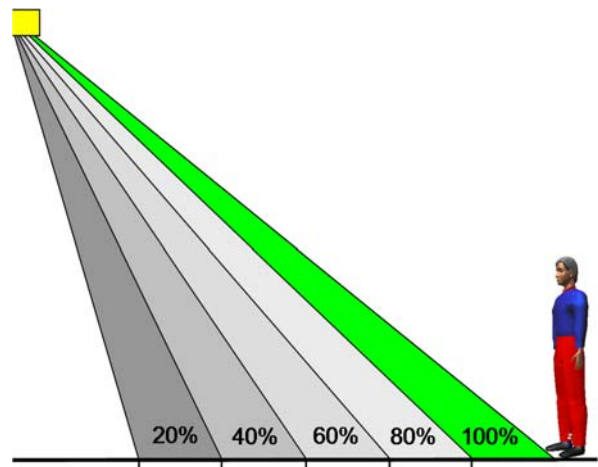
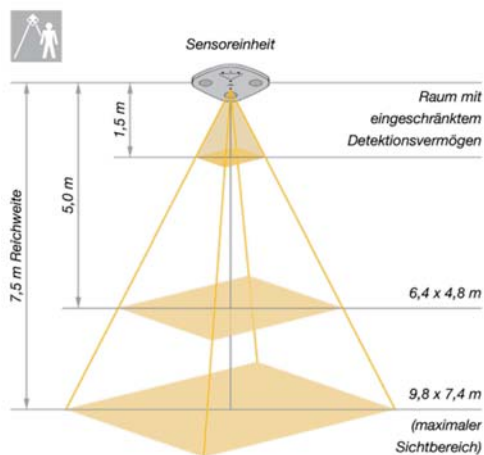
Anwendungsfälle von Robotern in sicherer Technik

Mischung zwischen Automatik- und Handbetrieb

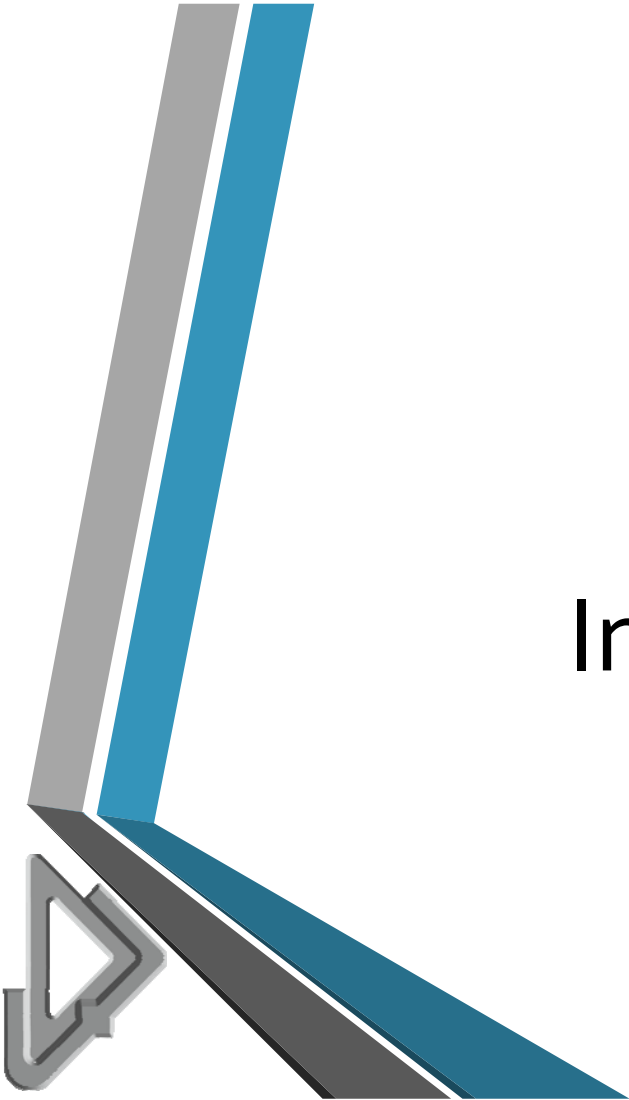


Quelle: KUKA

Sicherheitssensoren



Quelle: Pilz



Einsatz von Industrierobotern

Mechatronik-Summer-School

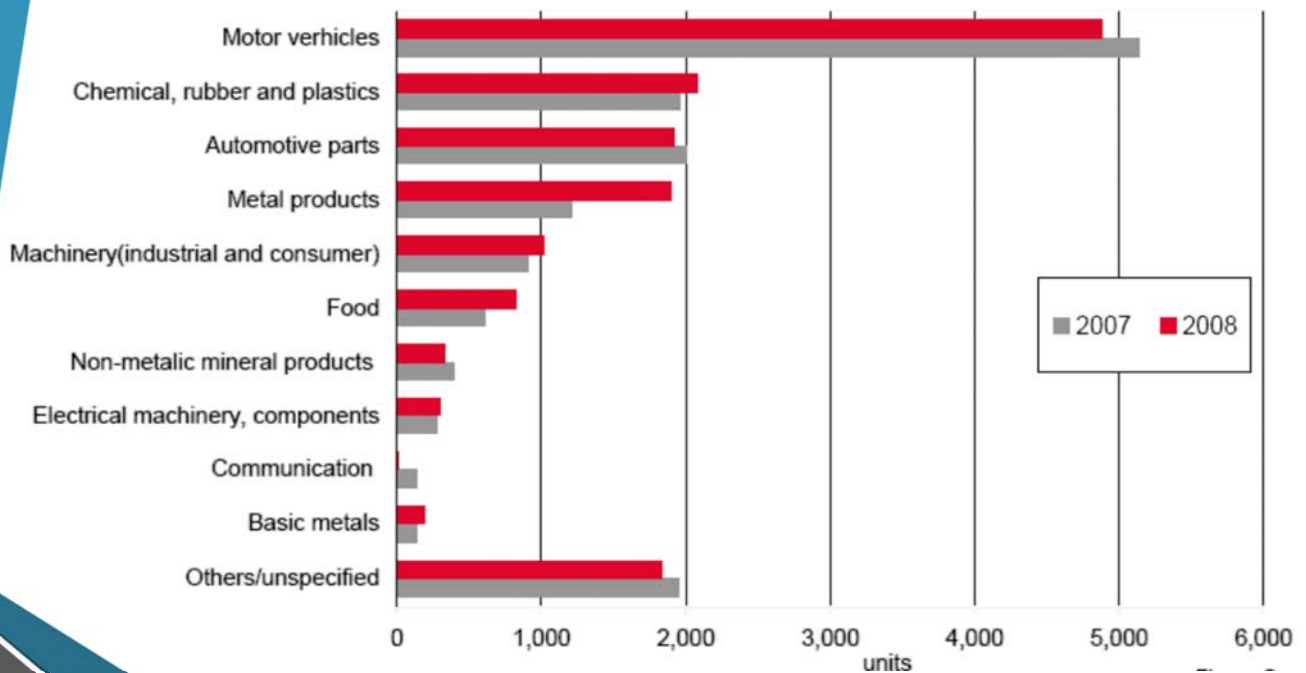
Innsbruck 26.-28.05.2014

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

Statistiken

Roboter Einsatzgebiete in Deutschland

Estimated yearly supply of industrial robots at year-end in Germany by industries 2007 - 2008



Quelle: IFR 2009

Beispiele für Einsatzbranchen

Automobilhersteller



Automobilzulieferer



Metallerzeugnisse



Chemie, Gummi & Kunststoff



Druck & Papier



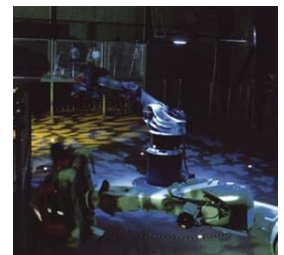
Holz & Möbel



Nahrungsmittel



Entertainment



Quelle KUKA

Beispiele für Anwendungsbereiche

Punktschweißen



Handhaben



Montage



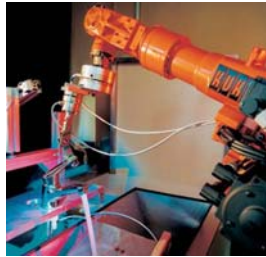
Fügen



Polieren



Prüfen



Palettieren

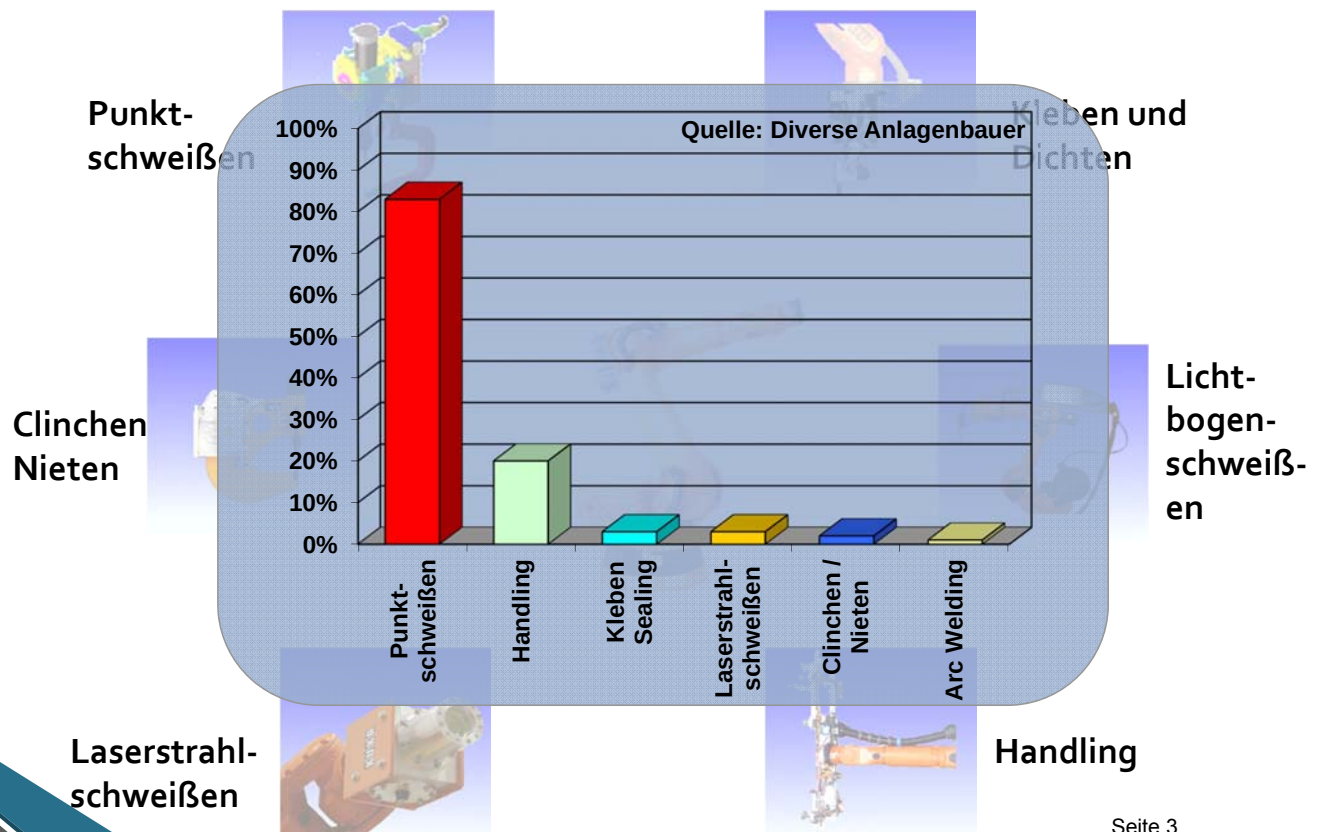


Bearbeiten



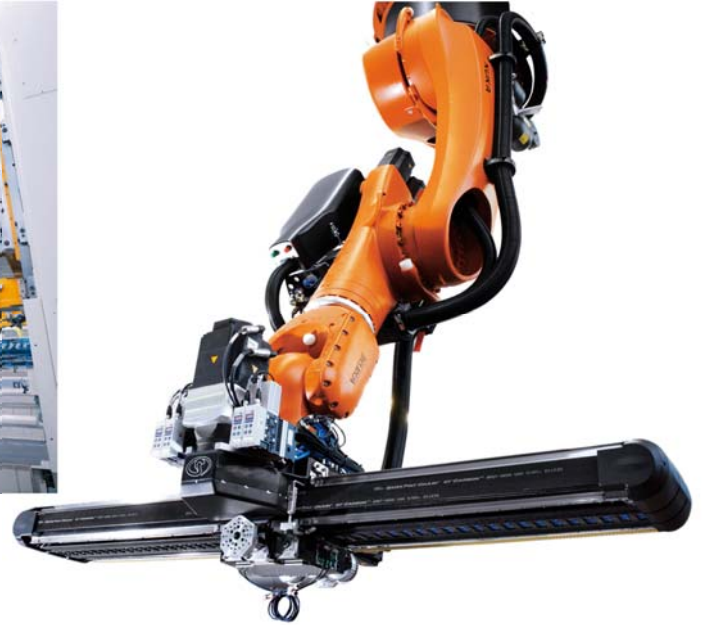
Quelle KUKA

Einsatzgebiete Industrieroboter in heutiger Automobilproduktion / Rohbau



Roboter in der Automobilproduktion

- **Presswerk:**
Umformung von Blechplatten zu Blechteilen (Motorhaube, Türen, Dach, usw.)
in Pressenstraßen; Einsatz von Robotern für Pressenverkettung

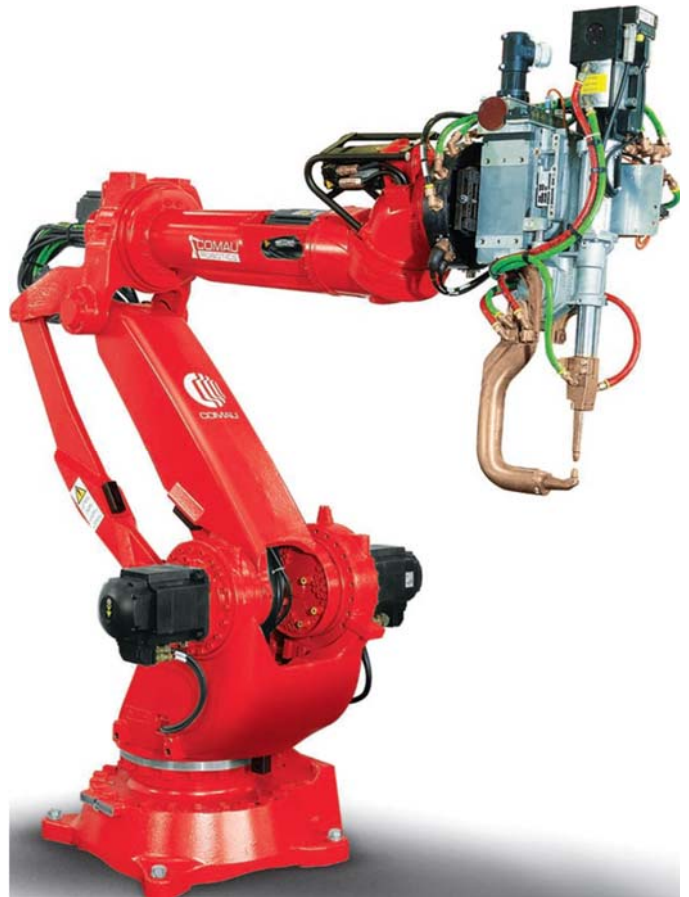


Quelle KUKA

Roboter in der Automobilproduktion

Widerstandspunktschweißen

- Größtes Einsatzgebiet für Industrieroboter
- 1969 schweißten 26 Ultimate-Roboter 380 Verbindungspunkte an der Karosserie des VEGA (General Motors)
- Ca. 3.000-4.000 Schweißpunkte pro Karosserie
- Mercedes A-Klasse hat ca. 3.900 Schweißpunkte an 290 Blechteilen; im Einsatz sind 330 Roboter
- Punkt-zu-Punkt-Bewegungen
- Genauigkeiten <1mm



Quelle Comau

Applikationseigenschaften

Widerstandspunktschweißen

Prozess

- Punktprozess
- Kurze Prozesszeit
- Viele Punkte an einem Bauteil
- Stabiler Prozess
- Unterschiedlichste Orientierung
- Umfangreiches Medienzuführung
 - Schweißstrom
 - Pneumatik
 - Kühlung

Applikationen

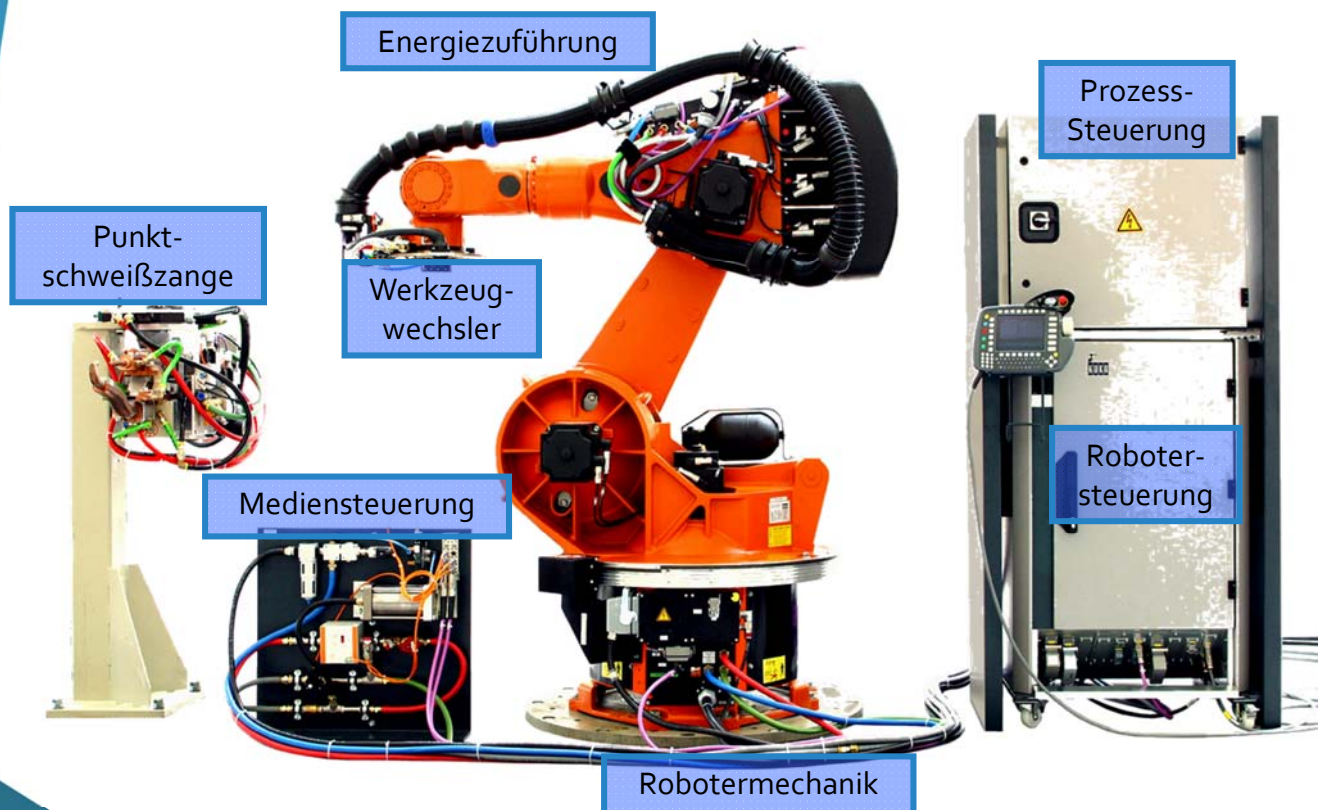
- Fügen von 2-3 Blechverbindungen
- Überwiegend Stahlblechverbindungen inkl. hochfeste Stähle
- Hohe Stückzahlen
- An Bauteil angepasste Geometrie der Schweißzangen
- Hohe Schweißzangengewicht (100 kg – 150 kg)

Applikationseigenschaften Schutzgasschweißen

Folgerungen für Automatisierung

- Hohe Traglasten für Roboter (150-250 kg)
- Hohe Beschleunigung und gute Dämpfung von Mechanik
- Zum Teil schwierige Zugänglichkeit
 - Energiezuführung möglich definiert
 - Spezielle Bauformen der Roboter
- Mehrere Roboter arbeiten an einem Werkstück
- Offline Programmierung der Applikation
- Antrieb der Schweißzangenachse als (siebte) Roboterachse
- Enge und einfache Anbindung unterschiedlicher Schweißstromquellen
- Enge Anbindung mit Systemperipherie (Medienzufuhr)

Punktschweißen - Komponenten



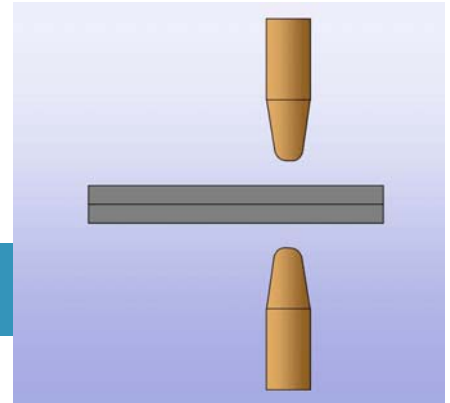
Prozess Widerstandspunktschweißen

Prozessablauf

- 2 oder mehr Bleche werden durch 2 Elektroden verpresst
- Zwischen den Elektroden wird eine Spannung mit hoher Stromstärke angelegt (ca. 6 – 10 V bei ca. 7 – 15 kA)
- Durch Widerstand bei Übergang zwischen Blechen entsteht Wärme
- Material wird aufgeschmolzen und durch Elektrodendruck verpresst
- Stromfluss wird beendet, Schmelzbad erstarrt zu Schweißlinse
- Elektroden werden vom Blech abgehoben

Prozessparameter

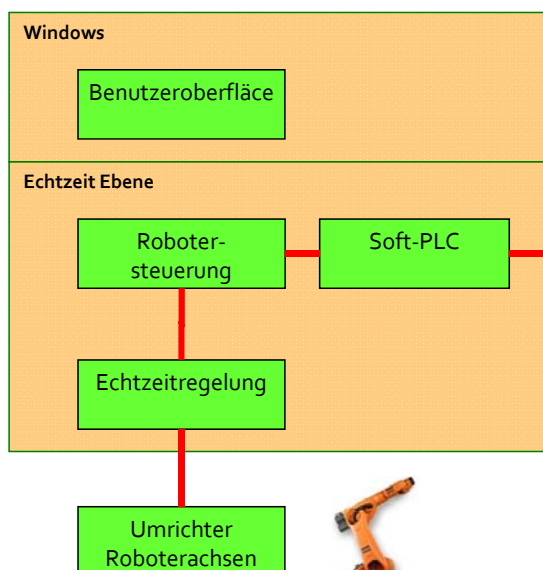
- Spannung (gegeben durch Trafo-Wicklungsverhältnis)
- Stromstärke
- Zeit Stromfluss
- Widerstand zwischen den Blechen → Elektrodendruck
- Position



Quelle: FANUC

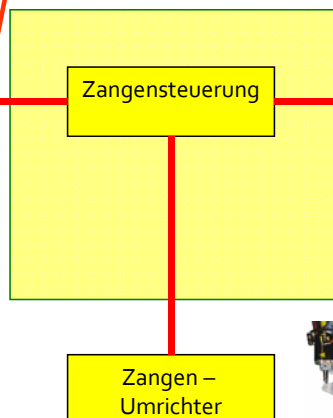
Aktuelle Systemarchitektur Widerstandspunktschweißen

Robotersteuerung

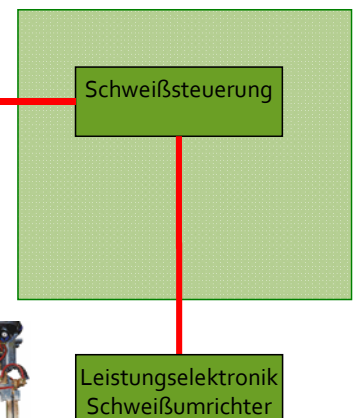


Lieferant A

Kommunikation via Feldbus
Jitter / Übertragungszeit ca. 30 – 40 ms



Lieferant B



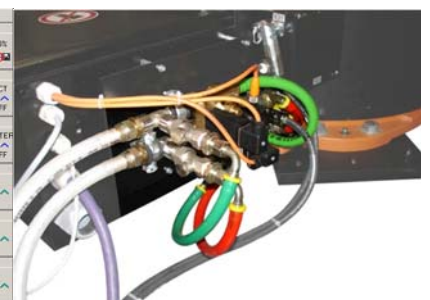
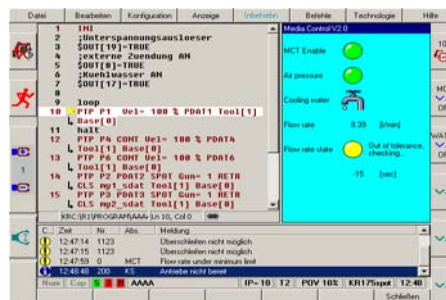
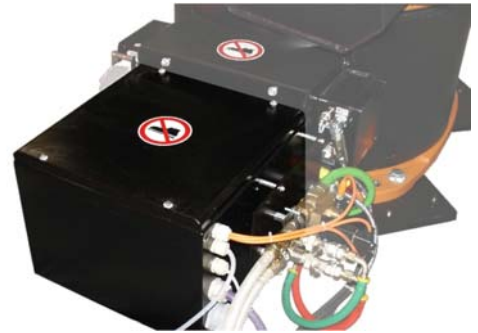
Prozessintegration Schweißsteuerung

Funktion

- Anbau des Schweißtimers am Roboterfuß
- Integration der Programmieroberfläche in die Robotersteuerung
- Implementierung Medienplatte am Roboterfuß

Anwendernutzen

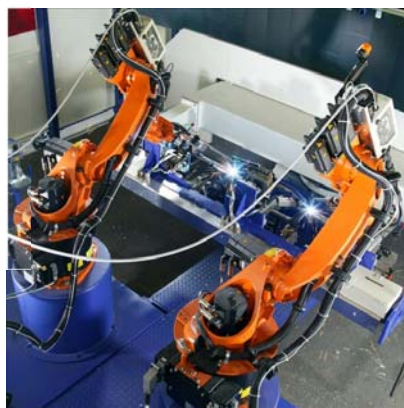
- Einheitliche Benutzerschnittstelle
- Wegfall von redundanter Hardware
- Vereinfachte Installation
- Verringerte Investitionen



Quelle: KUKA

Roboter in der Automobilproduktion Bahnapplikationen

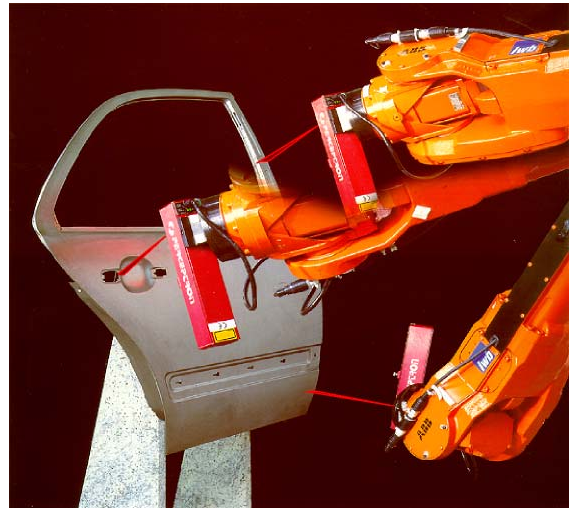
- Z.B. Lichtbogenschweißen, Laserschweißen und Kleben
- Karosserie-Sicherheitsnähte und -Füllnähte
- Hohe Wiederholgenauigkeiten (<0,5mm)
- Reproduzierbare Geschwindigkeiten
- Häufig Sensoren zur Nahtsuche und Nahtverfolgung



Roboter in der Automobilproduktion

Karosserie-Vermessung

- Abtasten von Messpunkten auf der Rohkarosse
- Geprüft wird Maßgenauigkeit und Formtreue
- Fehlertrend-Analyse
- Anforderungen:
 - hohe Verfahren Geschwindigkeit,
 - hohe Absolutgenauigkeit
 - Temperaturdriftkompensation



Quelle ABB, KUKA

Roboter in der Automobilproduktion

Funktionsweise eines Inline-Messsystems



1. Projektion eines Musters (5 Linien) auf ein zu messendes Merkmal an der Karosse
2. Aufnahme eines Bildes
3. Berechnen eines Messwertes mit Hilfe von Triangulation in der Bildverarbeitung und Umrechnung des Messwertes in XRob in das Fahrzeugkoordinatensystem

4. Ausgabe des Messwertes am Messzellenrechner, Weiterleitung der Daten an QM System und Auslösen eines Q-Stopps bei Toleranzüberschreitung

Roboter in der Automobilproduktion

Lackierung/Beschichtung/Unterbodenschutz

- 6-7 Bewegungsachsen
- Gleichmäßiger Farbauftrag erfordert genaue Bahnsteuerung
- Hohe Verfahrgeschwindigkeit (1-1,5m/s)
- Viele Teach-Punkte
- Explosionsschutz
- Bandsynchronisation
- Großer Arbeitsbereich



Quelle Dürr, ABB

Roboter in der Automobilproduktion

Handhabung

- Palettierung / Depalettierung
- Be- und Entladen von Maschinen (z.B. Gussteile)
- Großer Arbeitsraum
- Punkt-zu-Punkt-Bewegungen
- Hohe Verfah-Geschwindigkeiten



Quelle KUKA,
Kawasaki



Applikationseigenschaften Schutzgasschweißen

Prozess

- Bahnprozess
- Langsamer Prozess
- (Relativ) Fehleranfällig
- Bevorzugte Schweißlage (Zwangslagen vermeiden)
- Umfangreiches Medienzuführung
 - Draht
 - Schutzgas
 - Strom
 - Kühlung

Applikationen

- (Dichtes) Fügen von Rohren / Strukturen
- Fügen von dickeren Blechen ($> 10 \text{ mm}$)
- Lange Schweißnähte
- Häufig nur geringe bis mittlere Stückzahlen
- Etablierte Hersteller von Schweißquellen
- Häufig relativ hohe Toleranzen



Applikationseigenschaften Schutzgasschweißen

Folgerungen für Automatisierung

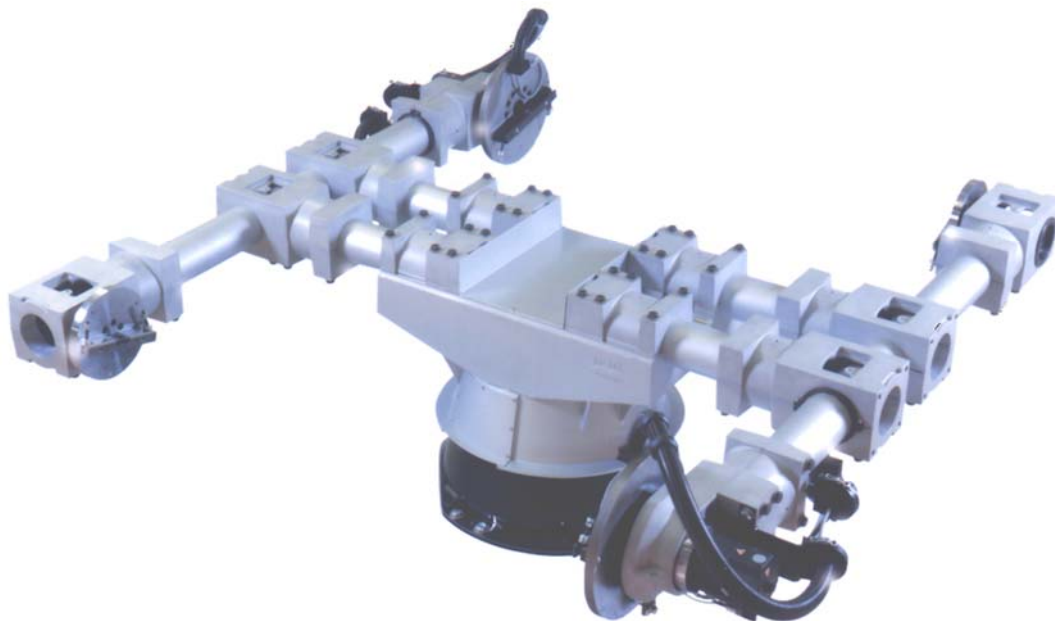
- Geringe Traglasten für Roboter (5-20 kg)
- Schwierige Zugänglichkeit
 - Zusätzliche Positioniervorrichtungen
 - Möglichst definierte EZ-Führung (Hohlhand)
 - Unterschiedliche Montagevarianten (Boden, Wand, Decke)
- Mehrere Roboter arbeiten an einem Werkstück
- Mehrmaliges Schweißen einer Schweißnaht (Mehrlagenschweißen)
- Überlagerung der Bahnbewegung mit Pendelbewegung
- Automatische Fehlererkennung und -behebung notwendig
- Möglichst einfache Programmierung
- Einsatz unterschiedlichster Sensoren (Laserschnitt, Kontakt, E-Feld)
- Enge und einfache Anbindung unterschiedlicher Schweißstromquellen
- Enge Anbindung mit Systemperipherie (Drahtförderung, Medienzufuhr)

KR 5 arc HW



Quelle: KUKA

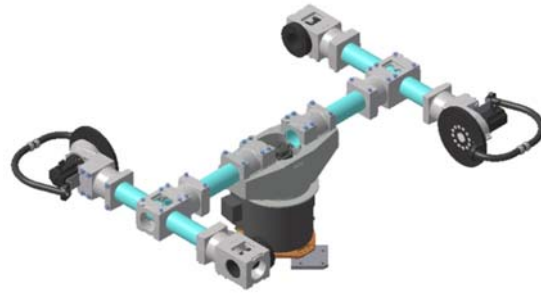
Positioniervorrichtungen / Zusatzachsen



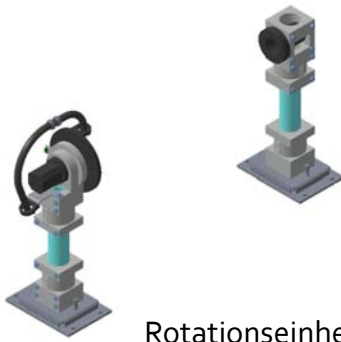
Quelle: KUKA

Varianten von Positionierern

Wendetisch mit
2 Rotationseinheiten



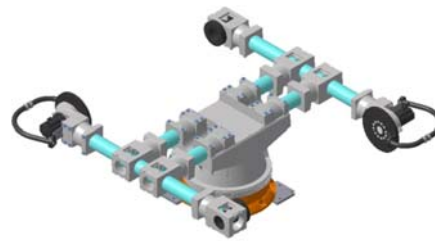
Rotationseinheit



Schwenkeinheit mit
2 Rotationseinheiten



Wendetisch mit
2 Dreh-Kipptischen



Quelle: KUKA

Applikationseigenschaften Laserstrahlschweißen

Prozess

- Bahnprozess
- Schneller Prozess
- (Relativ) Fehleranfällig
- Hohe Oberflächengüte
- Sehr hohe Energiedichte
- Bevorzugte Schweißlage (Zwangslagen vermeiden)
- Komplexe Medienführung
 - Laser (CO₂ mit Spiegel, Nd:YAG in Faser)
 - Schutzgas
 - Kühlung
 - Draht (selten)

Applikationen

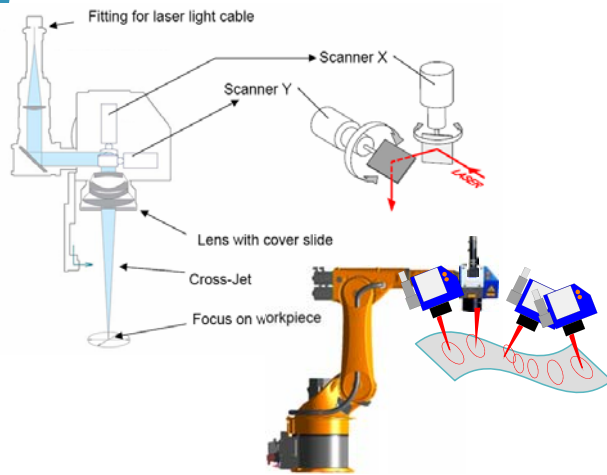
- Fügen von dünneren Blechen < 5 mm
- Lange Schweißnähte
- Häufig mittlere bis hohe Stückzahlen
- Minimale Toleranzen gefordert

Applikationseigenschaften Laserstrahlschweißen

Folgerungen für Automatisierung

- Mittlere Traglasten für Roboter (30-60 kg)
- Meist definierte Zugänglichkeit
- Häufig eine Laserquelle mit mehreren Robotern verbunden
- Sehr gute Spanntechnik notwendig
- Hohes Prozess-Know-How notwendig
- Hohe Bahngeschwindigkeiten mit hohen Beschleunigungen
- Hohe Bahngenauigkeit notwendig
- Abschirmung der Zelle notwendig → Vollautomatisierung
- Einsatz unterschiedlichster Sensoren (Laserschnitt, Wärmesensor)
- Koppelung mit Laserscanner
- Enge Anbindung mit Systemperipherie (Drahtförderung, Medienzufuhr)

Remote Laserstrahlschweißen mit Trumpf RPFO Optik



**Bewegungs-
richtung
Roboter**

Bearbeitungsbereich

Kontur für Kreis

**Strahl-
Ablenkeinheit**

Startpunkt

Quelle: KUKA

- Roboter bewegt Scanneroptik mit nahezu gleich bleibender hoher Geschwindigkeit über Bauteil
- Die Kombination aus Roboter und Scannerbewegung ergibt die Schweißgeometrien
- Unterschiedlichste Schweißgeometrien können erzeugt werden
- Definierte Geometrien können relativ zur programmierten Roboterbahn programmiert werden
- Robotergeschwindigkeit wird automatisch angepasst, abhängig von
 - Anzahl der zu schweißenden Muster
 - Geometrie der Muster
 - Schweißgeschwindigkeit
- Echtzeitkommunikation zwischen Roboter und Scannersteuerung

Applikationseigenschaften Handling

Prozess

- Meist Punktprozess
- Hohe Geschwindigkeiten
- Meist niedrige Genauigkeiten
- Häufig widrige Umgebungsbedingungen (Hitze, Feuchtigkeit etc.)
- Wechselnde Produkte / Bauteilgeometrien

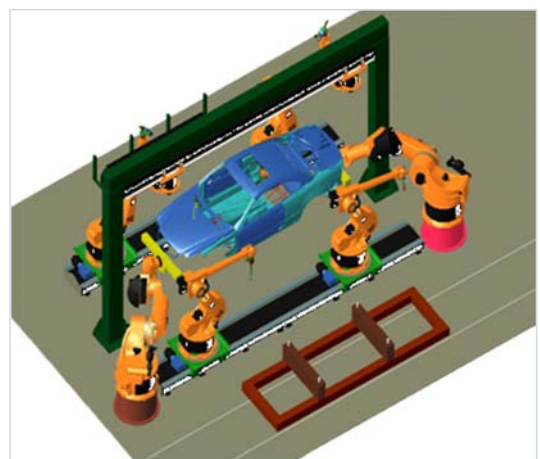
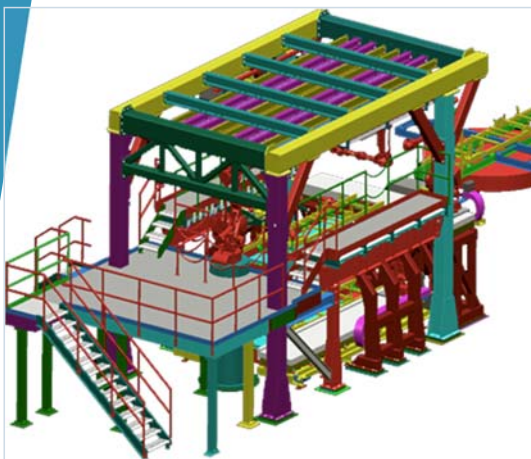
Applikationen

- Einbringen / Herausnehmen von Produkten
- Herstellen einer (neuen) Ordnung
- Sortieren
- Pick & Place

Folgerungen für Automatisierung

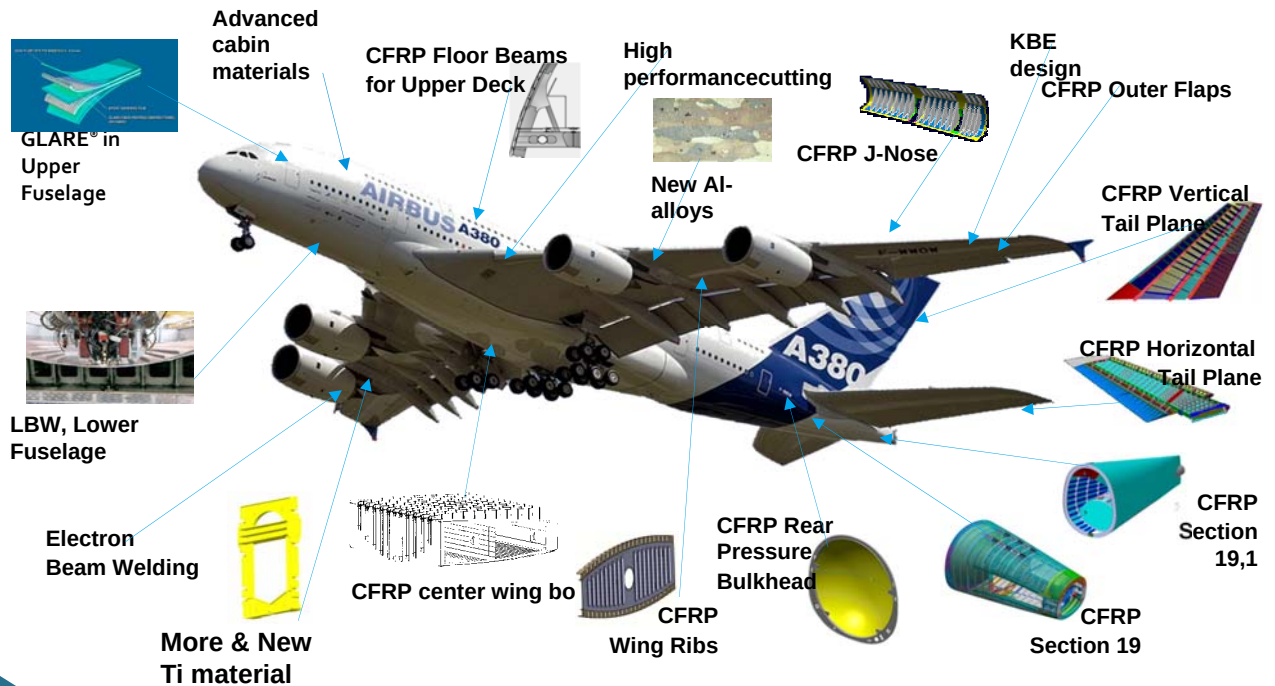
- Von Bauteil abhängige Traglasten für Roboter (0,5-1000 kg)
- Meist gute Zugänglichkeit
- Häufig in Verbindung mit Bildverarbeitung
- Greifersensorik
- Kraft-Momenten-Sensorik
- Gute Verbindung mit der angebundenen Peripherie
- Greiferwechselsysteme

RoboTeam Neue Möglichkeiten durch Kooperation



- Reduzierung von Fördertechnik und Stahlbau
- Verbesserte Zugänglichkeit, leichtere Wartbarkeit durch schlankes Zellenlayout
- Deutliche Reduzierung von Transporteinrichtungen und -aufbauten
- Optimierung der Bauteillage für Produktionsprozess durch flexible Bauteilpositionierung
- Kooperierende Roboterzelle entnimmt die Bauteile dem Materialfluss.
- Entkopplung bei Fehlerfall

Robotik als Enabler für CFK-Fertigung



Quelle: Airbus Industries

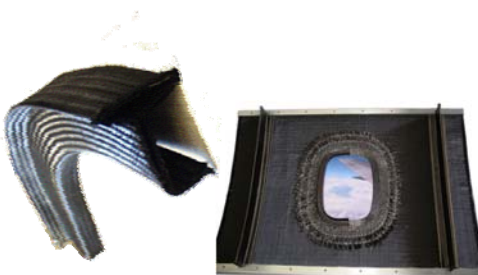
CFK-Werkstoffe als Herausforderung in der Auto- & Luftfahrtindustrie

CFK basierte Werkstücke

- Bislang vorwiegend Handarbeit
- Bislang nur in den Hochpreissegmenten Aerospace, Luxus-Automobile, Formel 1,...
- Ökonomie:
Energie-Effizienz durch Leichtbau
- Bestätigung als Megatrend nur durch erfolgreiche Automatisierung bei Herstellung und Verarbeitung
- Bewährungsprobe für neue Technologien:
A350XWB, Boeing 787 Dreamliner



BMW i3 und i8



Näh-Zwischenprodukte:
Fenster, Spante



Mercedes-Benz SLR
McLaren

Robotik in unterschiedlichen Bereichen der CFK Bearbeitung



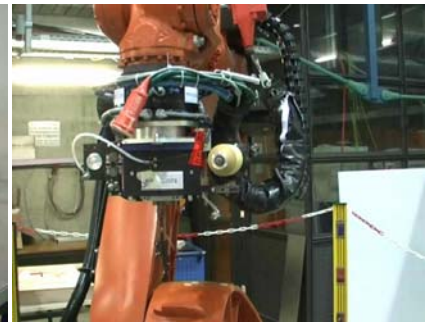
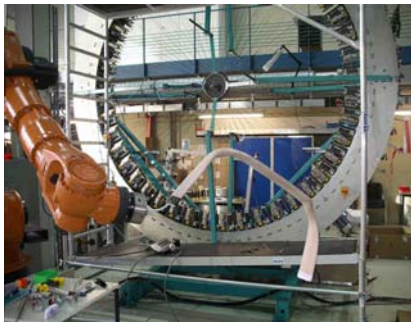
Industrielles Flechten



Tape Placement



Nähen (KSL)



Quelle: KUKA, ICC, KSL

Aerospace Fertigung von Außenhaut und Strukturbauteilen



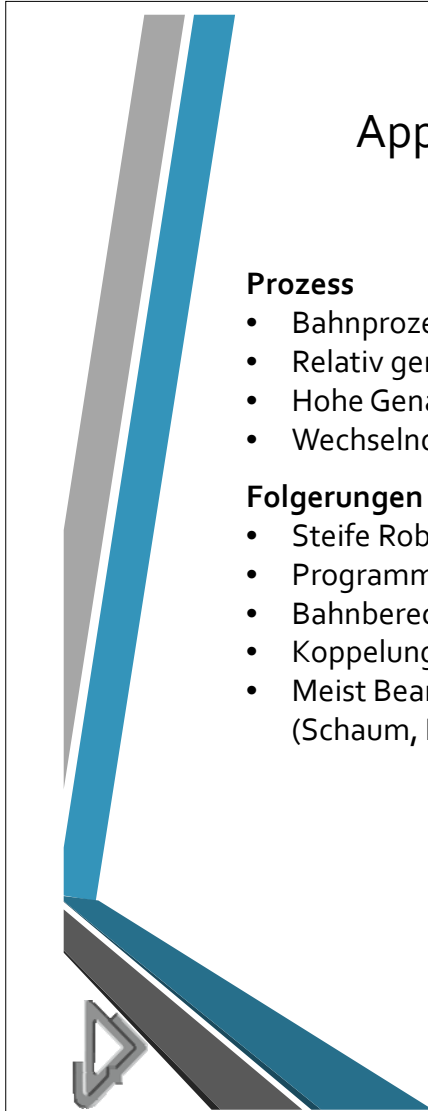
Roboter in der Fertigung von

- ➔ Außenhaut
- ➔ Strukturteilen
- ➔ Antriebskomponenten

Robotereinsatz

- ➔ Bohren und Nieten
- ➔ Polieren (Robo-Polish)
- ➔ Qualitätsprüfung (Robo-Inspect)

Quelle: KUKA



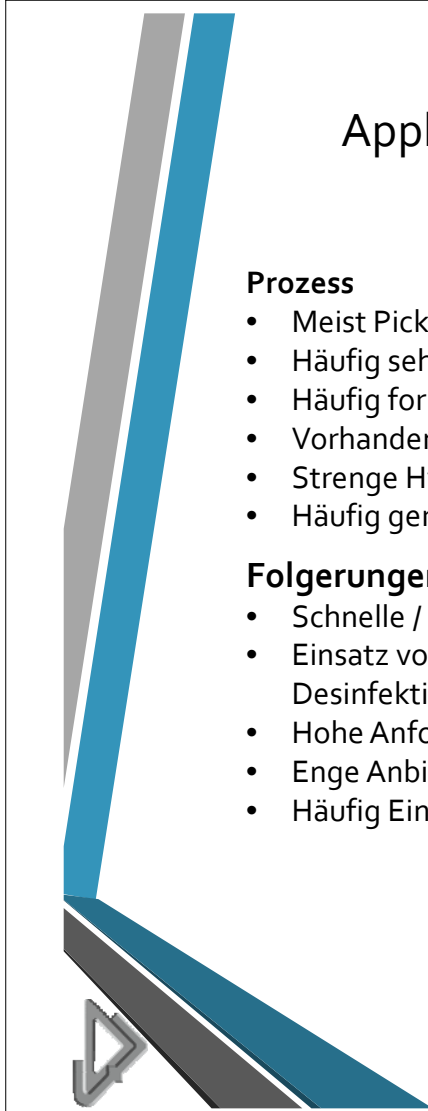
Applikationseigenschaften Materialbearbeitung

Prozess

- Bahnprozess
- Relativ geringe Geschwindigkeit
- Hohe Genauigkeiten
- Wechselnde Kräfte / Schwingungen

Folgerungen für Automatisierung

- Steife Roboterkinematik nötig
- Programme für die Anbindung an CAD-CAM-Systeme notwendig
- Bahnberechnung für viele Stützpunkte
- Koppelung an Peripherie (Frässpindel, Werkzeugwechsel etc.)
- Meist Bearbeitung von relativ weichen Materialien (Schaum, Holz, Aluminium, Kunststoffe)



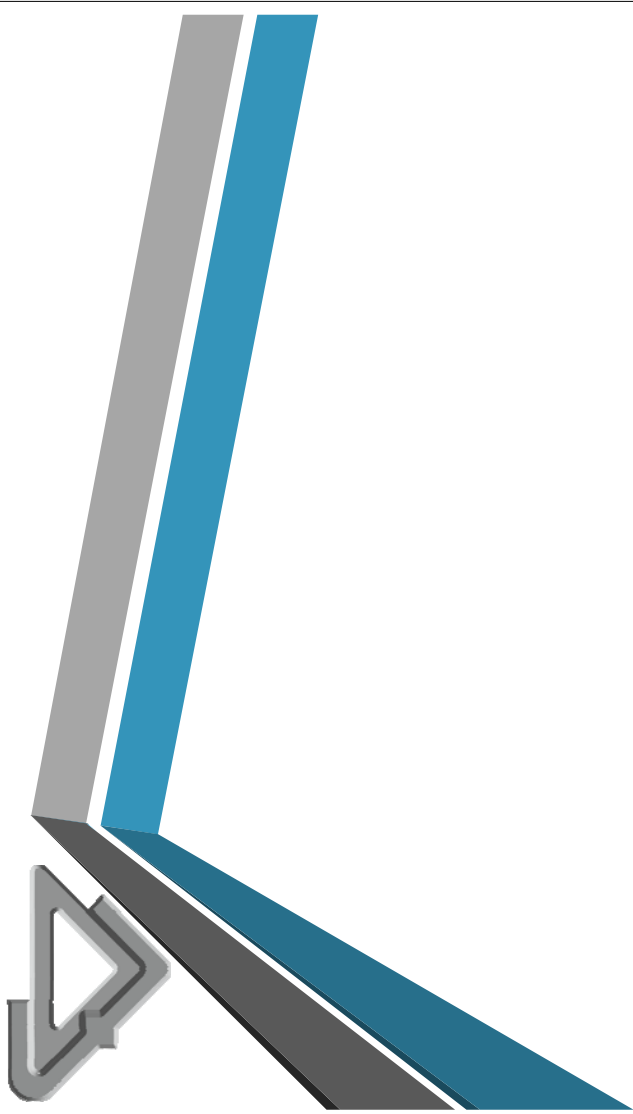
Applikationseigenschaften Lebensmittelindustrie

Prozess

- Meist Pick & Place Prozesse
- Häufig sehr hohe Geschwindigkeiten
- Häufig formlabile Produkte
- Vorhandene Systemlieferanten
- Strenge Hygienevorschriften
- Häufig geringe Temperaturen

Folgerungen für Automatisierung

- Schnelle / Leichte Roboterkinematik nötig
- Einsatz von lebensmitteltauglichen Materialien und/oder Desinfektionshüllen
- Hohe Anforderungen an Gestaltung der Greiftechnik
- Enge Anbindung an Anlagensteuerung
- Häufig Einsatz von Bildverarbeitung



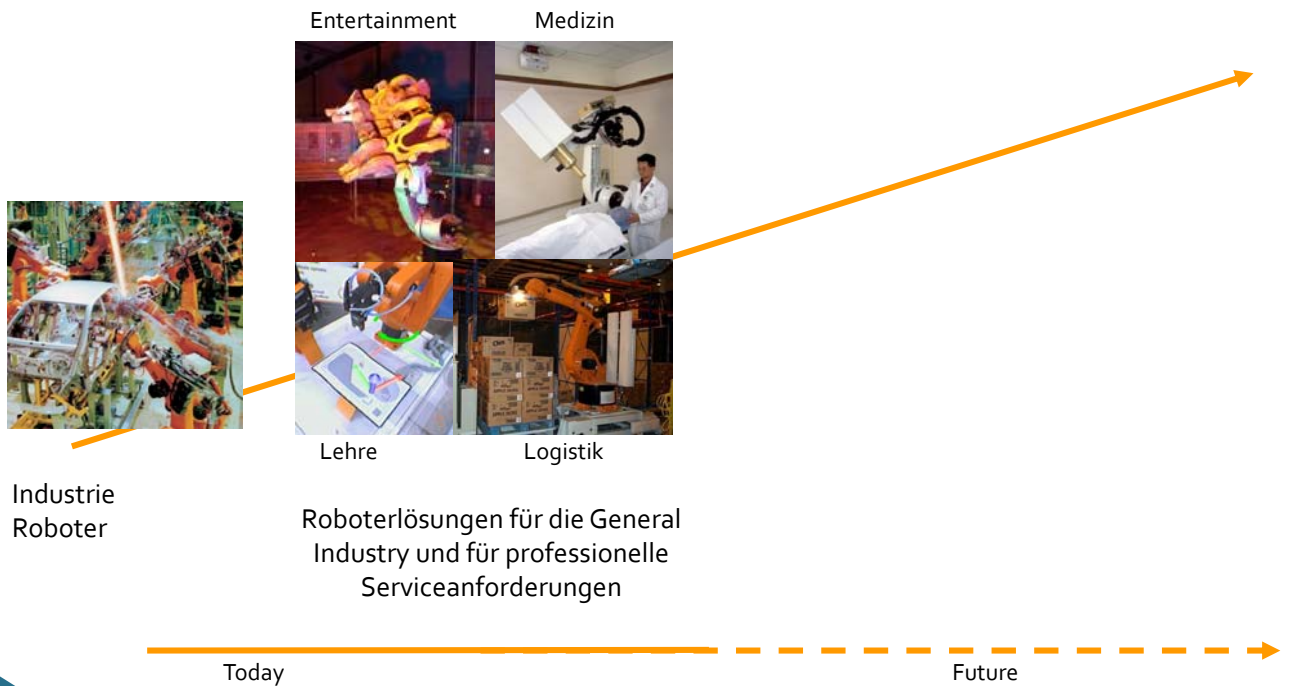
Trends

Mechatronik-Summer-School

Innsbruck 26.-28.05.2014

Prof. Dr.-Ing. Dirk Jacob

Von der Industrierobotik zur Servicerobotik



Roboter im Entertainment

Herausforderungen:

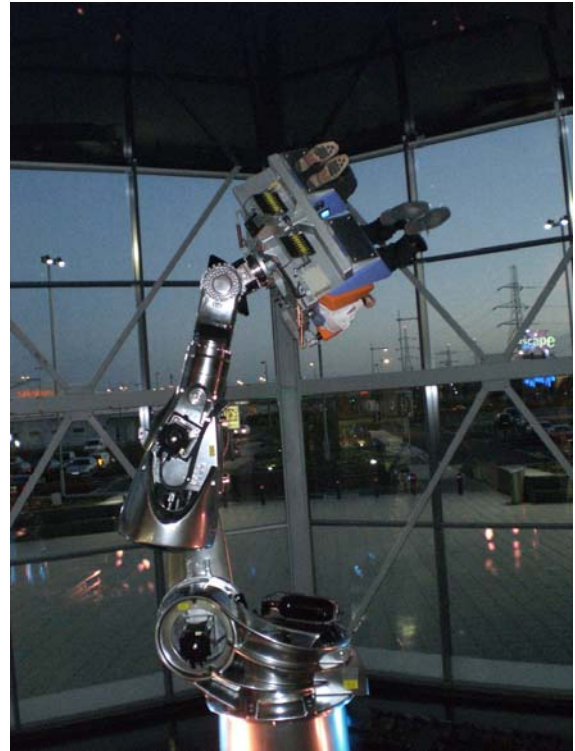
- Neue Dimension der Unterhaltung
- Menschen im Arbeitsraum des Roboters
- Absolute Sicherheit

Chancen:

- Bewegungsprofile, die bis jetzt nicht möglich waren
- Interaktivität
- Im Vergleich zu Steward-Plattform großer Arbeitsraum
- Im Vergleich zu Achterbahn geringe Investitionskosten und geringer Platzbedarf

Robocoaster

- Frei programmierbares Fahrgeschäft
- Höchste Sicherheitsstandards
- Optionale Simulationshaube
- Von sanft bis extrem

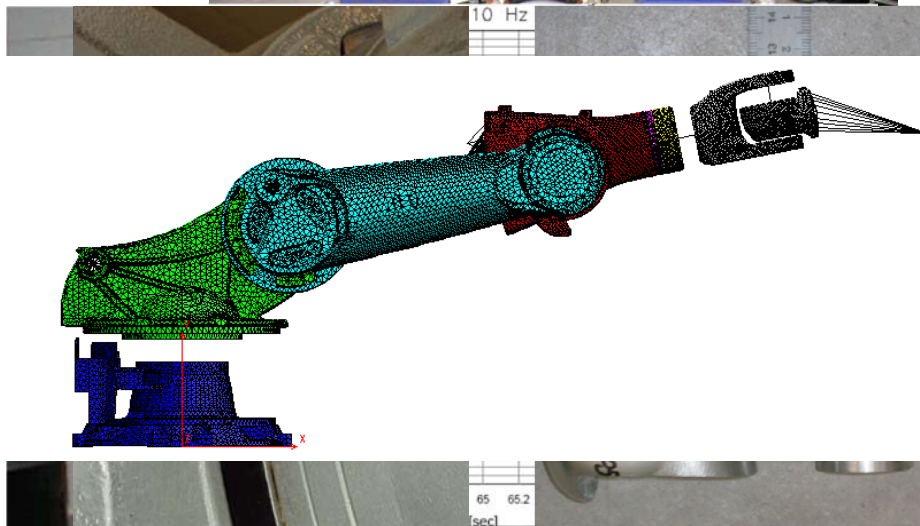


Robocoaster Sicherheit

Sicherheit des Kunden als Muss:

Konstruktiv:

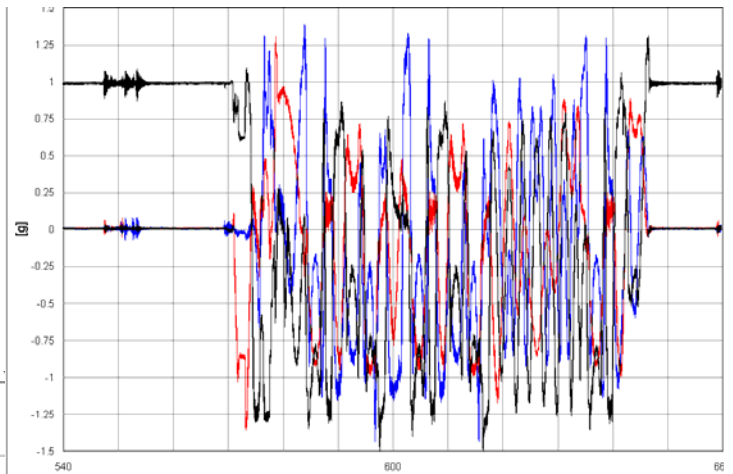
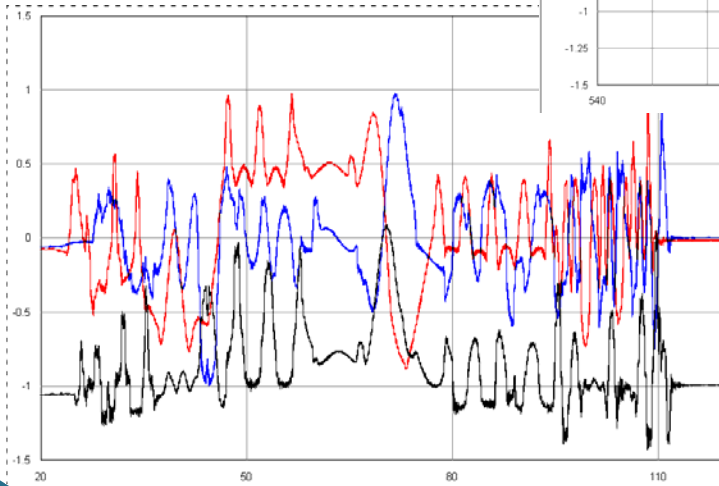
- Lichtraum ohne Kollisionsgefahr (auch im Crashfall)
- 2-fache FEM Berechnung (intern und unabhängiges Büro)
- Spezielle getestete verformbare Puffer
- Überlastungstests für Struktur
- Crashtests mit Dummies inkl. Auswertung der Belastungen durch TÜV
- Gondel als Zulieferteil von einem Achterbahnspezialisten



Robocoaster Sicherheit

Software:

- Verschlüsselte Maschinendaten
- Eigene Variante des Betriebssystems
- Fahrprogramme durch TÜV und Fliegerarzt geprüft und abgenommen



Robocoaster Sicherheit

Fertigung:

- Geröntgte Strukturbauteile
- Geröntgte Getriebe
- Jede einzelne Maschine wird durch TÜV abgenommen

Betrieb:

- Schulungen für Bedienpersonal
- Service nur durch spezielle Mitarbeiter
- Protokollierung des Lebenszyklus jeder Maschine
- Regelmäßige Abnahme der Maschinen im Betrieb durch TÜV - weltweit

Roboter in der Medizintechnik

Mögliche Produktbereiche

- Verwendung angepasster Industrieroboter für Patienten- und Medizin-
gerätepositionierung (nicht invasiv)
- Verwendung angepasster Industrieroboter für invasive Operationen
(Knie- / Hüftendoprothetik)
- Neuartige Roboter für neue Anwendungen (dritte Hand, automatische
Kameranachführung bei minimalinvasiven Operationen)
- Telemanipulierte Mechaniken für minimalinvasive Operationen



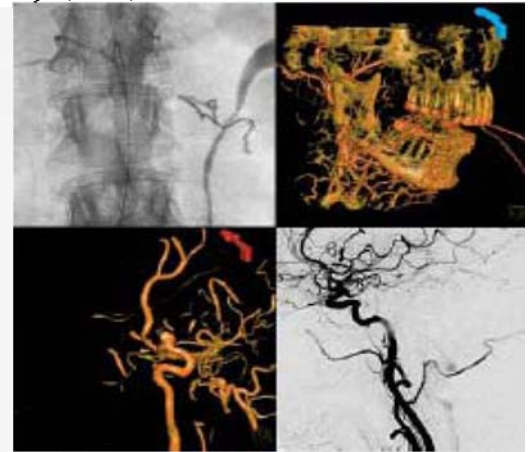
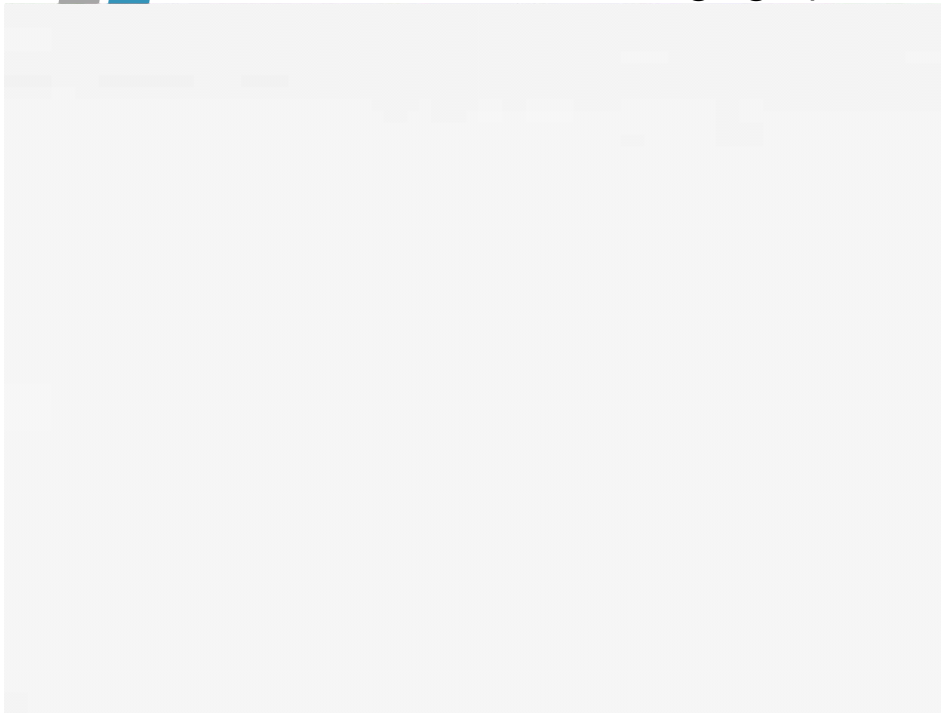
Roboter in der Medizintechnik

Herausforderungen:

- Entwicklung für Medizintechnik erfordert angepasste, von Industrieprodukten
unterschiedlichen, Entwicklungs- und Fertigungsprozess (Medizinproduktegesetz)
- Hoher Aufwand für Entwicklung und Zulassung von neuen OP-Verfahren
- Akzeptanzprobleme durch „verbrannten Markt“ nach Robodoc
- Mensch-Maschine Interaktion
- Mögliche Bestrahlung (Röntgen, Partikel)

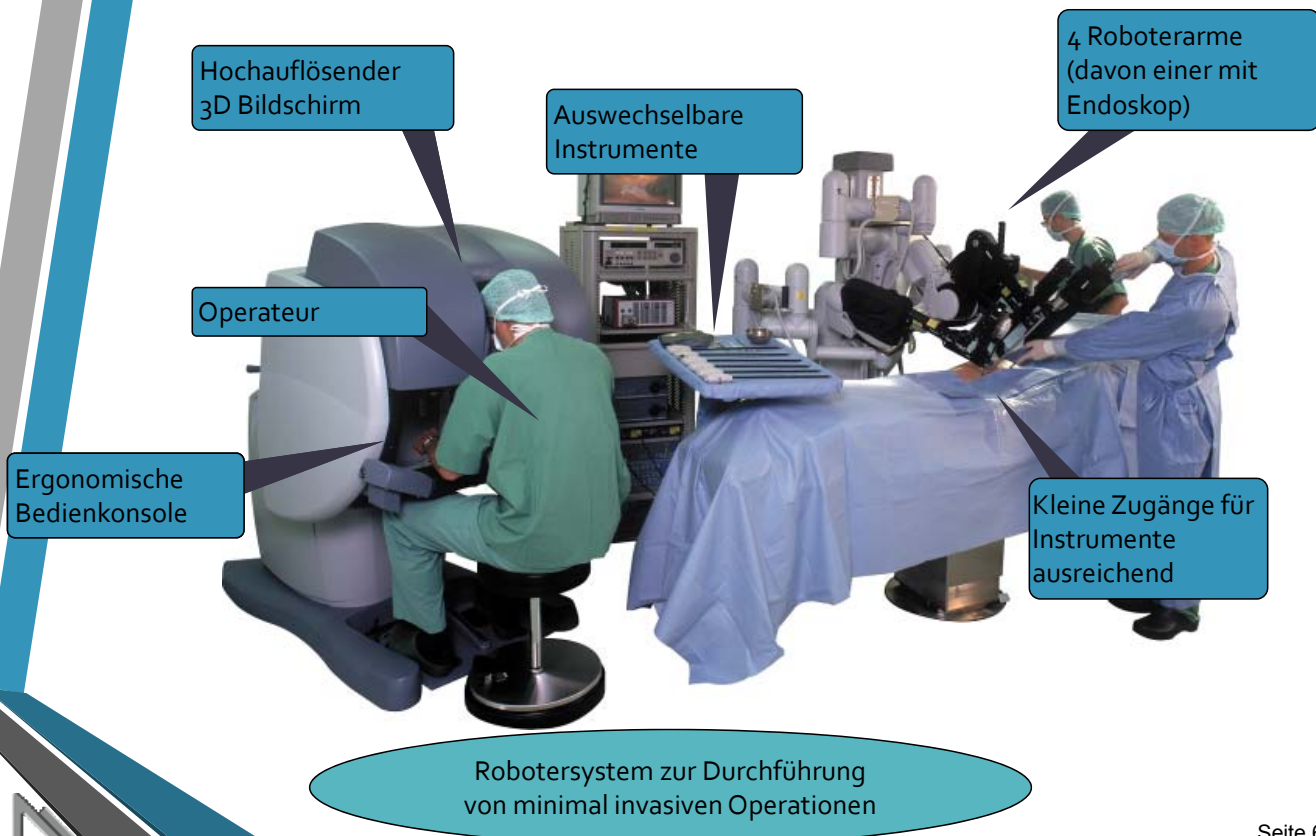
Medizinrobotik

Siemens Angiographic X-ray (AX)

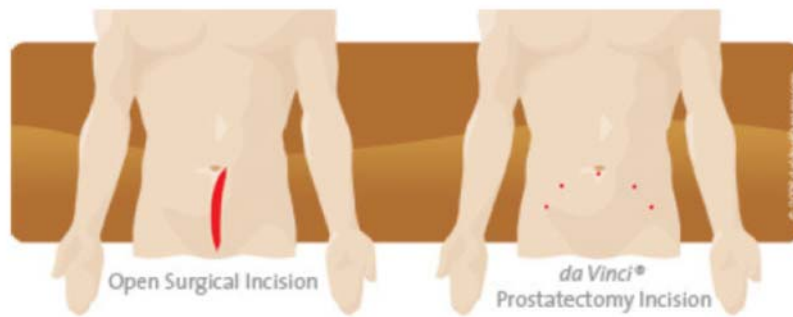


Siemens Angiography System Artis Zeego
Einsatz in der interventionellen Radiologie und Kardiologie

Aufbau eines Systems für die minimal invasive Chirurgie am Beispiel DaVinci von Intuitive Surgical, Inc.



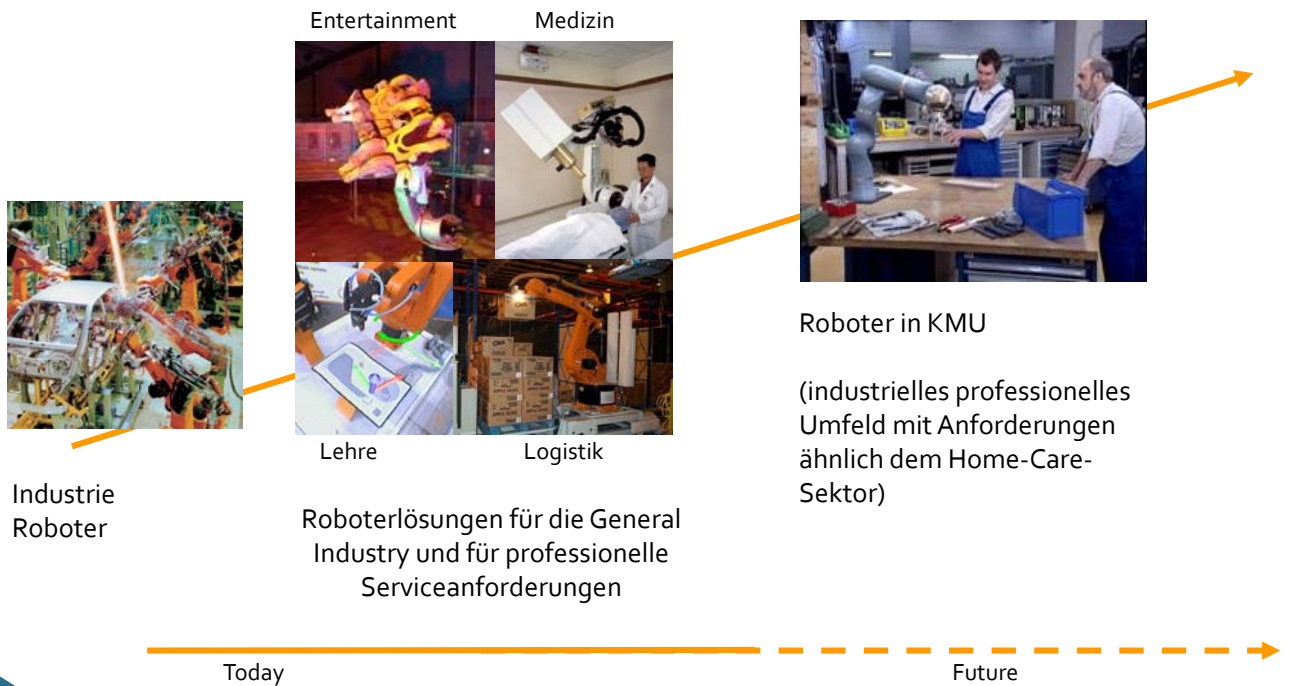
Beispiel Eingriff: Prostatectomy



Vorteile Eingriff mit Minimal Invasiven Chirurgierobotern

- weniger Schmerzen
- weniger Wundheilungsstörung
- weniger Blutverlust, weniger Transfusionen
- weniger Narben
- kürzere Verweildauer im Krankenhaus
- schnellere Erholung nach dem Eingriff
- raschere Rückkehr zum "normalen Leben"
- selteneres Auftreten von Impotenz und Inkontinenz

Von der Industrierobotik zur Servicerobotik



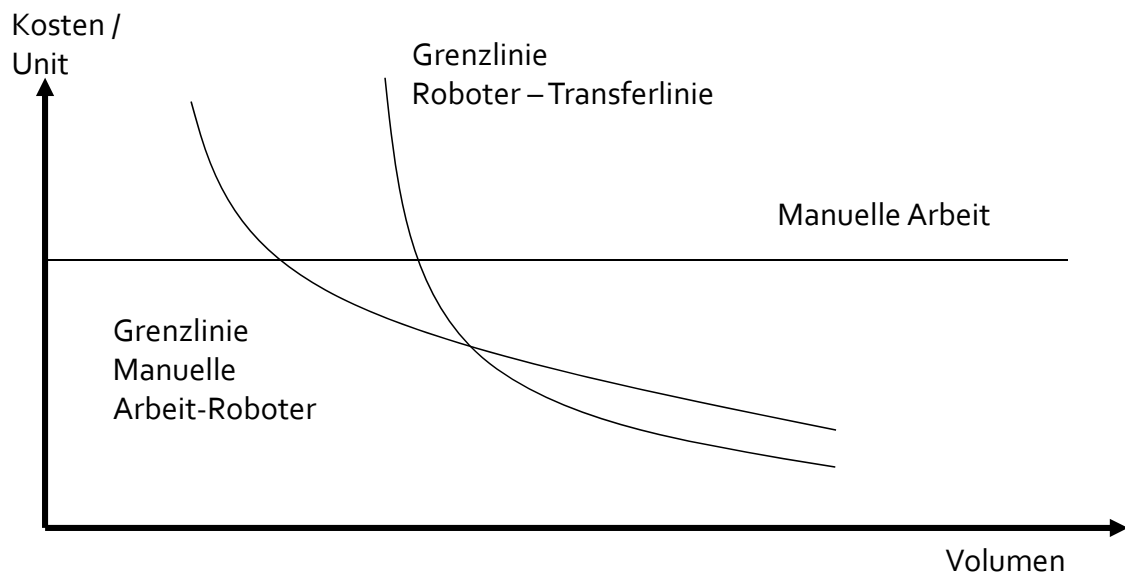
Robot Economics

- 91% unserer wirtschaftlichen Leistung erfolgt für die Europäische Union und die Vereinigten Staaten, also Länder mit schwachem Wirtschaftswachstum. Wir müssen uns auf diese 91% konzentrieren.
- Kleine Serien, kurze Laufzeiten und große Vielfalt der Produkte wird das Produktionstechnische System in Zukunft bestimmen.
- Produkte sind nur dann Wettbewerbsfähig wenn Kosten gesenkt und die Qualität gesteigert wird

Verfügen wir über geeignete Produktionssysteme ?

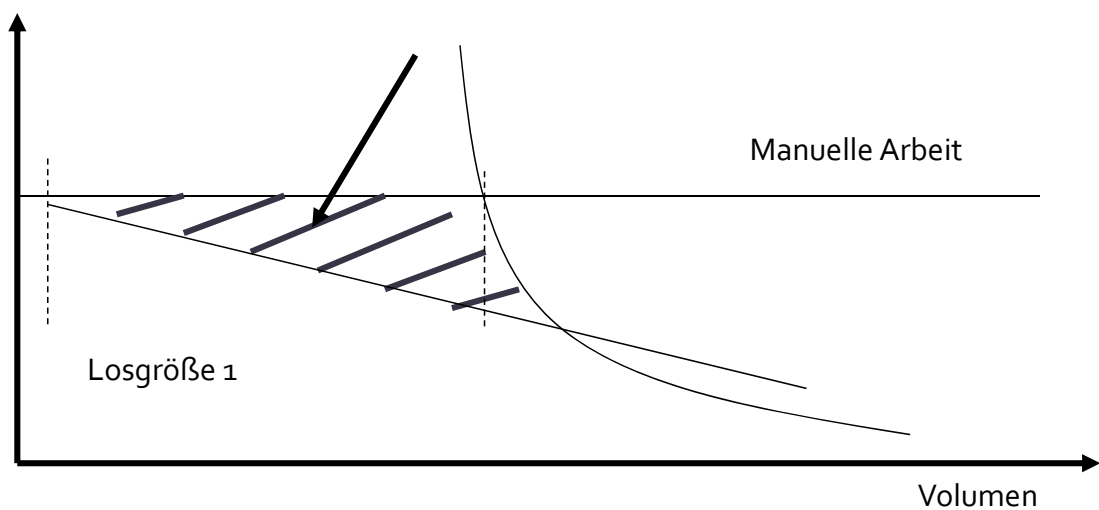
Wie sieht der Roboter im Produktionssystem der Zukunft aus?

Einsatzbereich der Automatisierung mit Robotern



Einsatzbereich der Automatisierung mit Robotern

Ziel - Vergrößerung des Einsatzbereichs von Robotern



- Flexible Produktionssysteme für kleine Losgrößen
- „Breakthrough Innovation“ für kleine und mittelständische Unternehmen
- die Produktion von innovativen Produkten im Land zu halten

Ansätze für größere Flexibilität

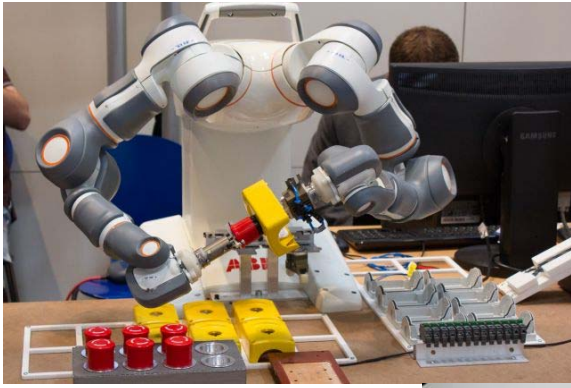


ABB Frida



Universal Robotics UR5/10



KUKA iiwa

Quelle: KUKA, ABB, UniversalRobotics

Leichtbauroboter - Eigenschaften

geringes Gewicht

- Roboter kann ohne Hilfsmittel vom einem zum anderen Arbeitsort transportiert werden.
- Mobile Anwendungen werden möglich.
- (passive Sicherheit)

geringe Leistungsaufnahme (funktionsfähig ab 80 Watt)

- geringer Stromverbrauch
- Roboter kann im mobilen Einsatz auch mit Batterien betrieben werden.
- Sicherheit in der Mensch-Roboter Kooperation kann durch Leistungsbegrenzung und Momentenregelung erhöht werden.



Ortsflexibler Leichtbauroboter

1. Alternative: Arbeiten vom Werkstattwagen



2. Alternative: Arbeiten an vorbereiteten Arbeitsplätzen



Quelle: KUKA Labs GmbH

Ortsflexibler Leichtbauroboter



- Leichtbauroboter wird auf einem Wagen zum Arbeitsort gefahren
- Programmieren durch Vormachen: einfach, intuitiv und schnell (100 sec.)

Leichtbauroboter - Sicherheit bei der Interaktion Mensch ↔ Roboter

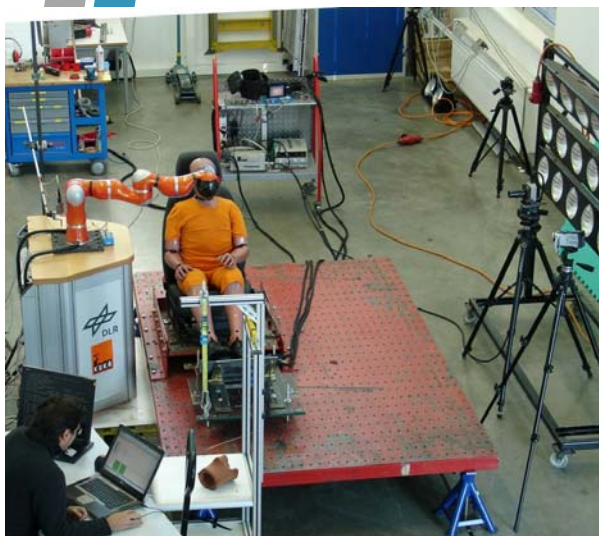


- Erste wissenschaftliche Studie zum Verletzungsrisiko durch Zusammenstöße mit Robotern
- Untersuchung von Kollisionen zwischen Dummy und Robotern im Traglastbereich zwischen 3 und 500 kg
- Feinfühligkeit Kollisionserkennung
- Neuartige Reaktionsstrategien

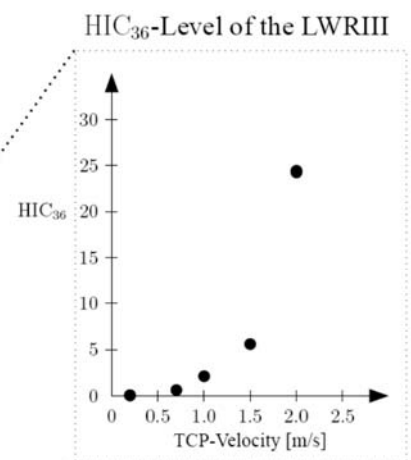
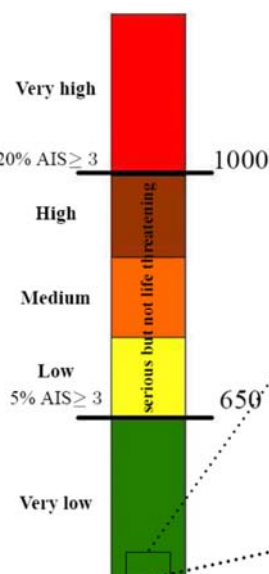


Quelle: dlr

HIC - Head Injury Criterion



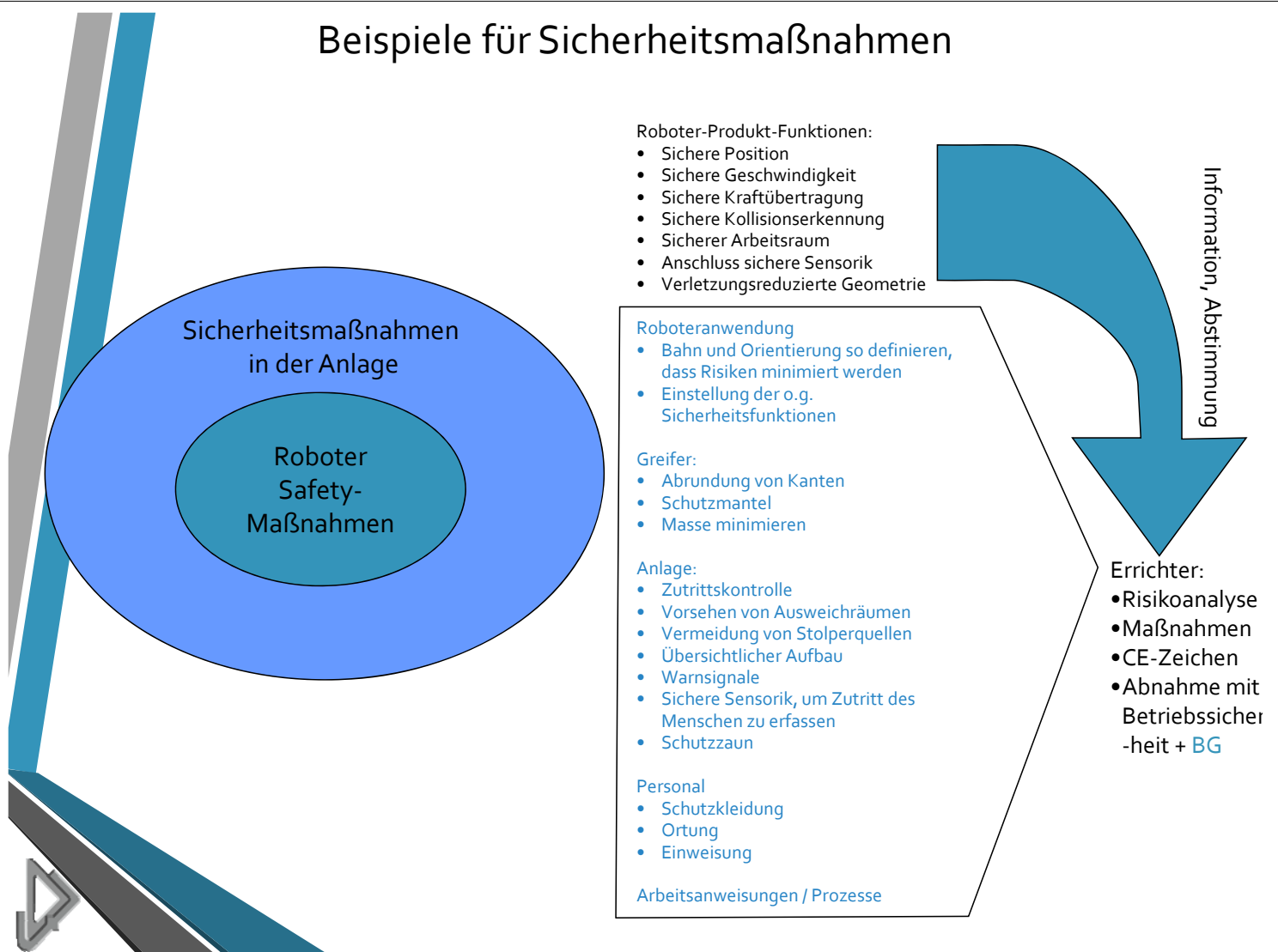
Injury Level



Potential injury level of the human head caused by an impact of the LWR III. The classification is based on the *Assessment Protocol And Biomechanical Limits* defined by the EuroNCAP

Alle Versuche mit dem LBR ergaben einen HIC-Level im unteren Viertel des grünen Bereichs

Beispiele für Sicherheitsmaßnahmen



Von der Industrierobotik zur Servicerobotik



Service-Robotik

- Service-Roboter bilden eine Zwischenstufe in der Evolution von Industrierobotern zu *Persönlichen Robotern*
- Service-Roboter sind mobil, sie verändern ihre Umgebung, sie interagieren mit Menschen oder führen eigenständig Aufgaben aus, die das menschliche Dasein erleichtern.

Service-Robotik

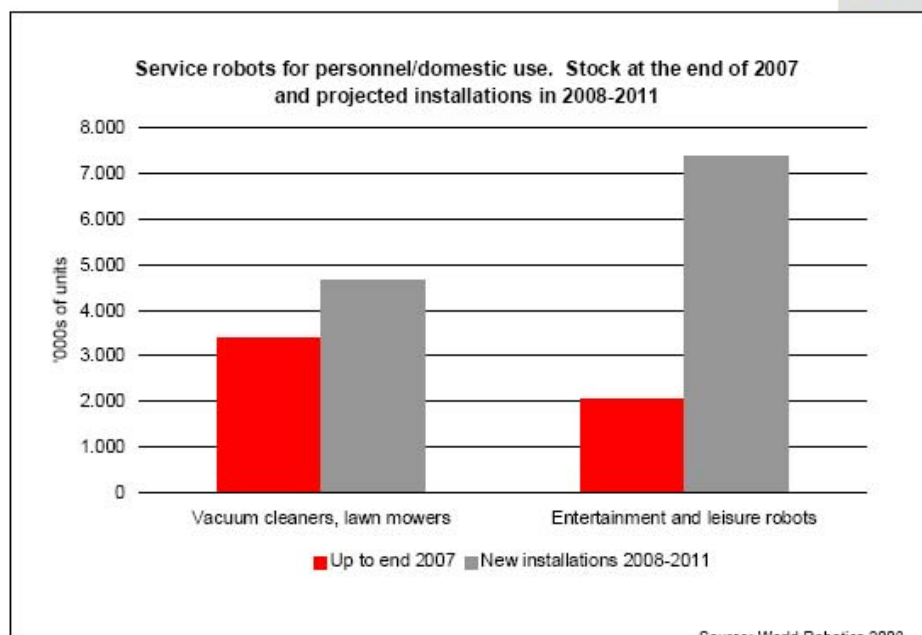
- Kennzeichen

- Einsatz in unstrukturierter Umgebung
- geringer Anteil an sich wiederholenden Aufgaben
- Mobilität
- Autonomie
- Kognitive Fähigkeiten
(Sehen, Hören, Spracherkennung, Gestenerkennung, usw.)
- Kooperation mit Menschen

Service-Robotik

Personal/domestic service robots Huge increase in units

IFR
International
Federation of
Robotics



Gudrun Litzenberger

Seite 6 • 26.09.2008

Hosted by

VDMA

Seite 15

Service-Robotik



teleMAX
Entschärfungs-
roboter

Roomba
Staubsauger



MOSRO
Überwachungs-
roboter



AutoMower
Rasenmäher

MindStorms NXT
Spielzeug



Quellen: Telerob; Robowatch, Husquarna, iRobot, Lego

Hobby/Spielzeugrobotik



AIBO (Sony) - **Artificial Intelligence roBOT**

ERS-110/111 (1. Generation des AIBOs, gebaut 1999; 10.000 Stück)

ERS-210 (2000)

ERS-220 (2001)

ERS-310/311 (2002) (2. Generation des AIBOs)

ERS-7 (2003) (3. Generation des Aibos)

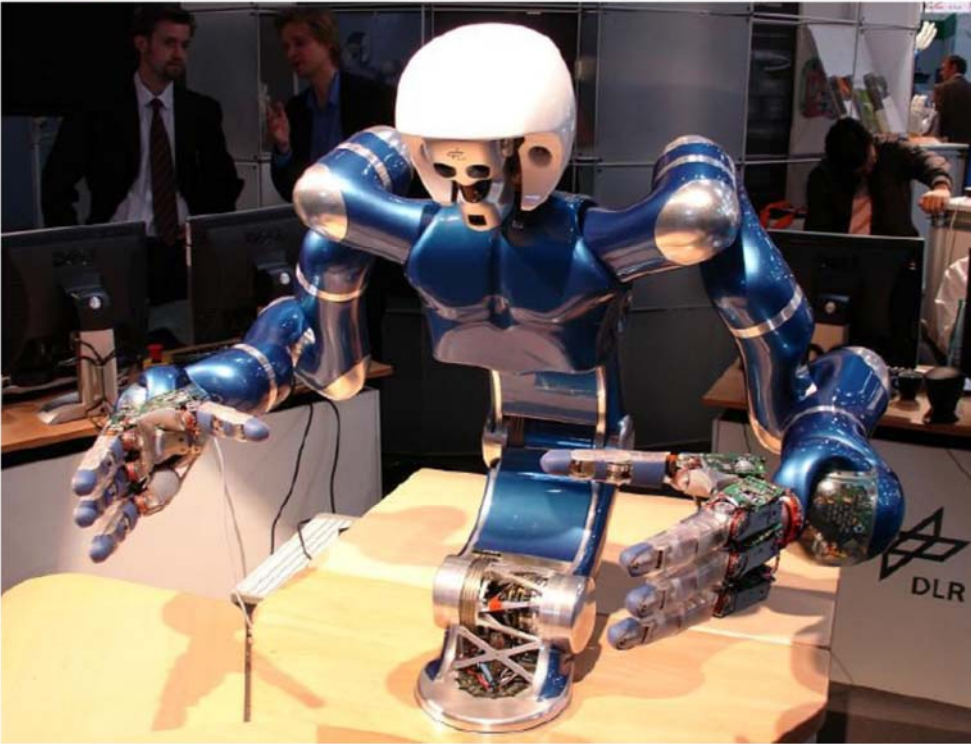
Einstellung der Produktion Anfang 2006

Insgesamt 150.000 Roboter verkauft

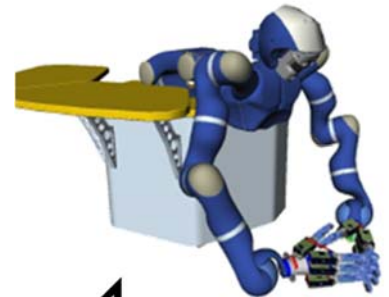
Farbkamera, Stereomikrofone, Tastsensoren und Lautsprecher

Gewicht: 1,65kg; Programmierung in C++

Humanoide Roboter – DLR Justin



Sub-system	DoF
Torso	3
Arms	2 x 7
Hands	2 x 12
Head & Neck	2
Σ	43

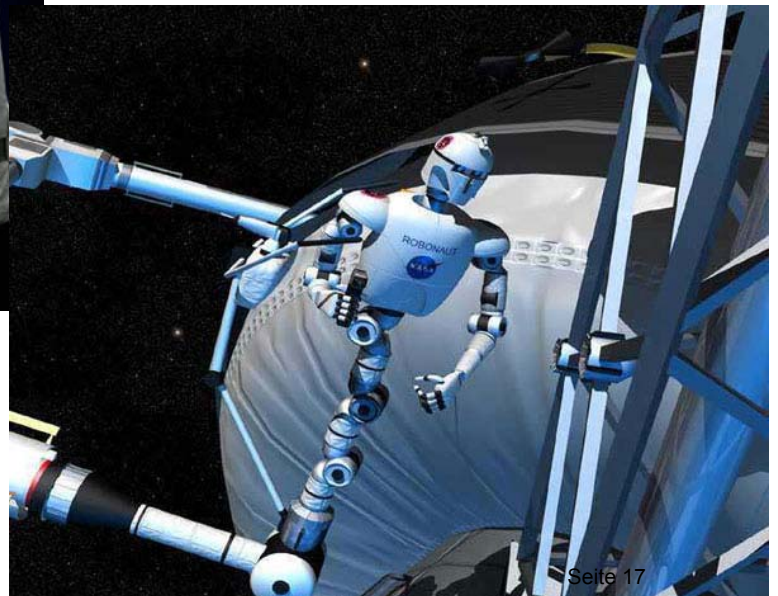


Justin Steckermontage

Humanoide Roboter – NASA Robonaut 2

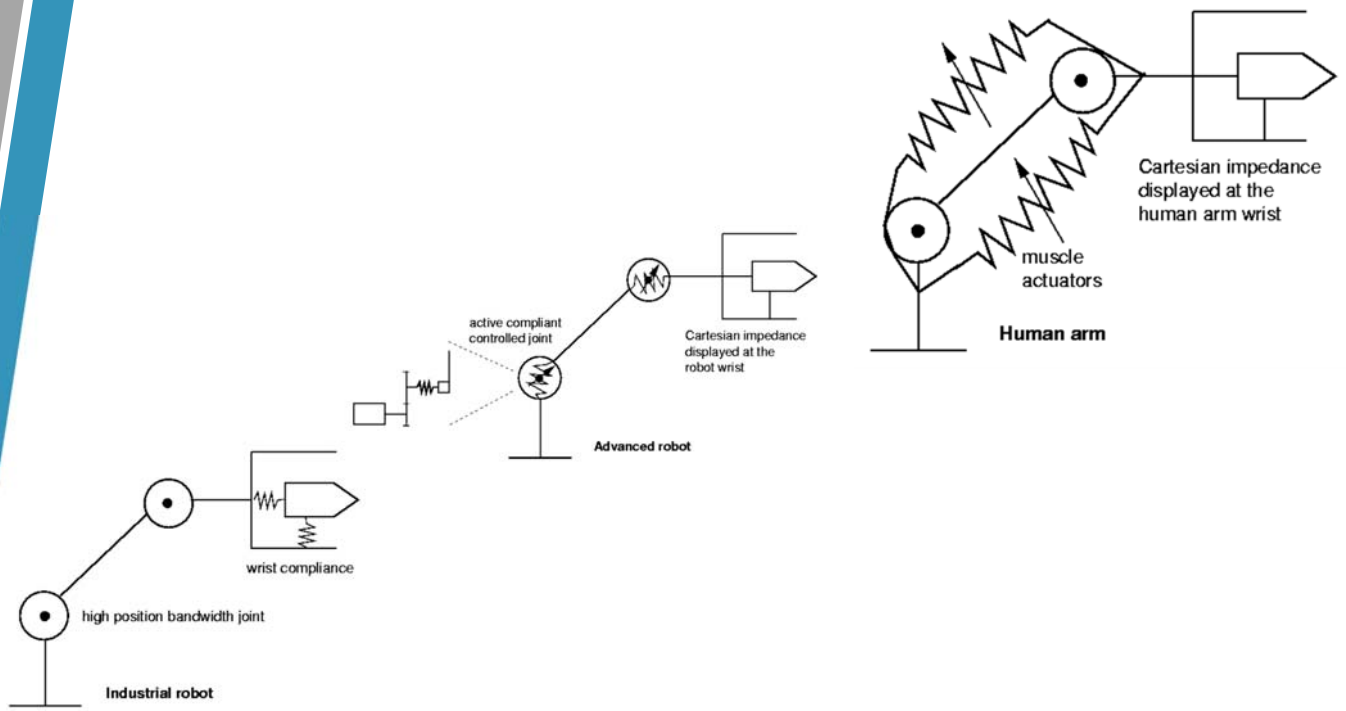


Parallelentwicklung NASA-DARPA-GM:
 → Robonaut 2 für Einsatz auf ISS
 → Telemanipulierter und teilautonomer Roboter



Neues Aktuatorenprinzip für Humanoide Roboter

Floating Spring Joint



creating flexible automation

SOFLEX

NEUE DIMENSIONEN

der Produktivität.

Sie dürfen sich etwas wünschen!

Wohin Ihre Reise auch gehen soll und in welche Richtung Sie Ihre Ziele führen – die Experten von SOFLEX sind gerne für Sie da und beraten Sie persönlich.

SOFLEX

SOFLEX Fertigungssteuerungs-GmbH
Etzwiesenstrasse 25
72108 Rottenburg
Deutschland
Telefon 0049 (0)7457 9455 0
Telefax 0049 (0)7457 9455 10
E-Mail info@soflex.de
Internet www.soflex.de



Unendliche Weiten.

GANZ NAH.

SOFLEX-Automation

Die Verbindung von Automatisierung und Organisation eröffnet unerkannte Sphären. Möglichkeiten, Chancen und Potenziale, die in Ihrer Fertigung bisher unentdeckt blieben – mit SOFLEX-Automation werden sie greif- und nutzbar. Erweitern Sie Ihren Horizont. Setzen Sie auf hochproduktive Abläufe durch Automatisieren und Organisieren, von der Planung bis Produktion. Ob Zulieferbetrieb oder Hersteller eigener Produkte mit spanender Fertigung von variantenreichen Teilen bis zur Losgröße 1: Fertigen Sie zuverlässig termingerecht und dauerhaft wirtschaftlich.



Technik als Mittel zum Zweck – der Mensch im Mittelpunkt. Profitieren Sie mit uns von maximaler Zuverlässigkeit, erhöhter Produktivität, von Lösungsorientierung, schnellem Return-on-Investment sowie weitgehend dynamischen Fertigungskapazitäten.



Flexible Automation mit SOFLEX: erfolgreiche Strategie in der Einzelstückfertigung und Serienproduktion.

Mehrwert und Vorteile.

ARGUMENTE, DIE ALLES ÜBERSTRAHLEN.



Skalierbarkeit nach Maß: Standardisierte SOFLEX-Konzepte für unterschiedliche Produktionsprozesse.

Unabhängigkeit

Organisations- und Automatisierungsprojekte bedürfen einer herstellerunabhängigen Konzeption. So analysieren und bewerten wir Komponenten verschiedenster Hersteller – um in jedem Teilaspekt die bestmögliche Lösung für Sie umsetzen zu können. Beste Voraussetzungen für das optimale Zusammenspiel der Komponenten gewährleistet in jedem Fall die neutrale, übergreifende SOFLEX-Steuerungssoftware. Weit reichend migrationsfähig und umfassend kompatibel ermöglicht sie eine konsequent anforderungsgerechte Realisierung. Als Partner des Maschinenbaus übernehmen wir in der Rolle des Turnkey-Supervisors gerne auch die Gesamtverantwortung über Ihr Projekt.

Individualität

Jede Automatisierungsaufgabe ist anders – wir begegnen ihr stets dem Bedarf entsprechend. Deshalb sind nicht einzelne Systeme oder Softwareprodukte Ausgangspunkt unserer Arbeit, sondern Ihre spezifischen Anforderungen. Durch die Skalierbarkeit unserer Leistungen erhalten Sie stets genau das, was Sie brauchen. Nicht mehr – und auch nicht weniger! Von der Kleinstautomatisierung bis zum Fertigungsleitsystem. Die Kombination von Organisation und Automatisierung erlaubt uns eine ganzheitliche Betrachtung, lückenlos bis in die Schnittstellen. Übergreifend und maßgeschneidert ist darüber hinaus unser Service: Auf Wunsch begleiten wir Sie von der Konzeption über die Implementierung bis hin zum Service 24/7 in Form unserer Experten-Hotline.

Bewährte Basis.

LICHTJAHRE VORAUSS.



Vom CAD-Modell direkt in die Fertigung montagebereiter Turbinenschaufeln: Hightech-Produktion auf höchstem Niveau.

Wissen

SOFLEX ist das „Original“ – wir haben die ersten flexiblen Fertigungssysteme in Deutschland eingeführt und sind als Spin-Off der Universität Stuttgart von Anbeginn in diesem spannenden und herausfordernden Industriesektor mit dabei. Seit 1984 sind Leitsysteme unsere Kernkompetenz. Unsere Rolle als Technologieführer entwickeln wir mit hohem Anspruch weiter. Das Know-how, die Kompetenz und das Engagement unserer hoch qualifizierten Ingenieure sind das Fundament für Innovationen. Wertvolle Impulse erhalten wir durch ein breit gefächertes Netzwerk an Universitäten und Hochschulen.

Effizienz

So abstrakt die Methoden und Parameter der Automatisierungstechnik sich auch darstellen, ihr Nutzen ist umso konkreter. Der Einsatz ganzzheitlicher Systeme für perfekt ineinander greifende Prozesse, die Vermeidung nicht wertschöpfender Abläufe und die optimale Ausnutzung aller Maschinen senkt Herstellungskosten, reduziert Durchlaufzeiten, optimiert den Betriebsmitteleinsatz und erhöht die Qualität. Effizienzsteigerungen im zweistelligen Bereich sind die Regel. In vielen Anwendungen belegt und offen gelegt durch zahlreiche namhafte Referenzen.

Produkte und Services.

LEISTUNGEN, DIE NEUE BAHNEN EBNEN.



Ideale Kombination: intelligente Zellensteuerung SOFLEX-PCS und Robortertechnik.

Automatisierungssysteme

Unser Spektrum beginnt, wo neutrales und übergreifendes Produktions-Know-how gefragt ist. Von der einfachen Palettenbelade-Einrichtung über Portalverkettung, Roboterzellen und Werkzeugautomatisierung bis zu Hochregallagern mit Anbindung von Bearbeitungsmaschinen. Wir garantieren die Einhaltung Ihrer Planungsvorgaben und einen schnellen Produktionsstart. Unsere Zellen- und Leitsystemsoftware – als wichtiger Bestandteil des Automatisierungssystems – ist ein weiterer Garant für höchste Qualität und Zukunftssicherheit.

Leitsysteme

Auf Basis von SOFLEX-PCS, unserer innovativen ProductionControlSoftware, konzipieren und realisieren wir für Sie ganzheitliche Lösungen für den Fertigungsbereich. Von der Zellensteuerung bis zum Fertigungsleitsystem, vom NC-Datenmanagement über die Werkzeugorganisation, Maschinen- und Betriebsdatenerfassung bis zur Auftragsfeinsteuerung und Maschinenbelegungsplanung. Ziel ist generell ein übergreifendes, einheitliches Softwarepaket für mehr Transparenz und höhere Effizienz Ihrer Produktion. Wir bieten standardisierte Funktionsmodule, setzen aber auch gerne anspruchsvolle spezifische Lösungen um. Die passende Hardware zählt ebenfalls zu unserem Portfolio. Ob Industrie-PC oder Server, Netzwerkkomponenten oder Displays. Wir nutzen Produkte, die sich einerseits voll im Markt bewährt haben, andererseits weltweiten Service garantieren.

Umfassende Dienstleistungen

Individuelle Betreuung ist Ihr Anspruch? Unserer auch! Deshalb beraten wir Sie ausführlich hinsichtlich Ihrer Fertigungsorganisation oder Automationskonzepte, entwickeln individuelle Systemarchitekturen für den Fertigungsbereich oder Software für Steuerungslösungen. Die Gesamtverantwortung über Ihr Projekt ist bei uns in besten Händen, wobei auch alle Schnittstellen von uns analysiert, definiert und abgenommen werden. Trainings und Schulungen, die Erstellung von Spezifikationen und Pflichtenheften sowie die SOFLEX Experten-Hotline – rund um die Uhr, sieben Tage die Woche – ergänzen unser Dienstleistungspaket passgenau.

Referenzen und Belege.

BEISPIELE, DIE WEITHIN GLÄNZEN.



Praxisorientiert

Automatisierung ist kein Selbstzweck. Gut definierte Prozesse verfolgen stets ein klares Ziel – und bringen konkrete Vorteile. Worin liegt Ihre Herausforderung? Möchten Sie die Teilezufuhr bei der Fertigung von Getrieben oder Turbinenschaufeln automatisieren? Benötigen Sie ein Hochregalsystem mit Rohmateriallagerung für die Herstellung der Mechanik von Landeklappen? Wünschen Sie einen automatisierten Werkzeugfluss bei der Fräsbearbeitung von Komponenten für Verpackungsmaschinen oder mehr Effizienz bei der Schweiß- und Stanzbearbeitung von Gehäusen? Wollen Sie durch den Einsatz von Roboterzellen Werkzeugformen mit reduzierter Manpower herstellen? Definitiv ist Ihr Projekt bei uns in bester Gesellschaft!

Populär

Die Liste unserer zufriedenen Referenzkunden liest sich wie ein „Who is Who“ international führender Unternehmen aus den verschiedensten Branchen. Mit dem Schwerpunkt Europa finden Sie unsere Lösungen zwischenzeitlich aber auch weltweit. Maschinenbau und Energietechnik, Kunststoff- und optische Industrie, Automobil- und Flugzeugbau, aber auch reine Lohnfertiger und der Werkzeug- und Formbau profitieren von unseren Innovationen. Ob Carl Zeiss, Alstom oder MAN, ob ABB, Bosch, Daimler, EADS oder Saab, ob ARBURG, Renault oder BMW. Diese und viele weitere Global Player vertrauen auf SOFLEX. Wann dürfen wir für Sie tätig werden?

SOFLEX-PCS im Einsatz: in Rohmateriallagern, im Werkstück- und Palettenhandling sowie bei automatisierten Werkzeugspeichern für Produktionsanlagen.

