

Kollaborative Robotik

Chancen und Herausforderungen

Dr. Enrico Eberhard



Plan

- Industrielle und kollaborative Robotik
 - Einführung in die kollaborative Robotik und ihre Anwendungen
 - Die Vorteile der kollaborativen Robotik
- Kollaboration und Sicherheit
 - Ermöglichung der Zusammenarbeit
 - Normen für kollaborative Roboter
- Lernen statt programmieren
 - Maschinelles Lernen
 - Auswirkung der Morphologie

Industrielle und kollaborative Robotik

Robots industriels & collaboratifs



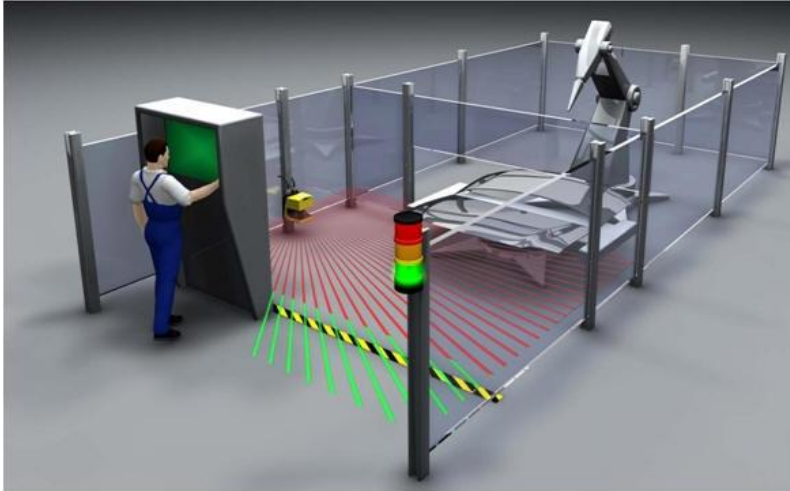
Extract from *The Robot Revolution: The New Age of Manufacturing | Moving Upstream*

Vorteile der kollaborativen Robotik

- Geringere Trennung zwischen Menschen und Robotern
 - Platzsparend
 - Effizienteres zusammenarbeiten
 - Übernimmt Arbeit in der Pausenzeit / zu Stosszeiten
- Lehren statt programmieren
 - Konstensenkung
 - Zeitsparnis
 - Flexibilität in der Produktion
 - Geringere Qualifikation erforderlich
- Beseitigung unangenehmer Aufgaben
 - Dirty, Dull & Dangerous (3D)
 - Stets wiederholende Aufgaben
 - Schwere Lasten

Industrie 4.0: die Zeit der kollaborativen Robotik

Koexistenz



Iris Electronics, Fraunhofer IPA

Vorbestimmt oder gemessen
(Kamera, Laser, ...)

Zusammenarbeit



EPFL / LASA

Interaktion, Nachgiebigkeit und Lernen

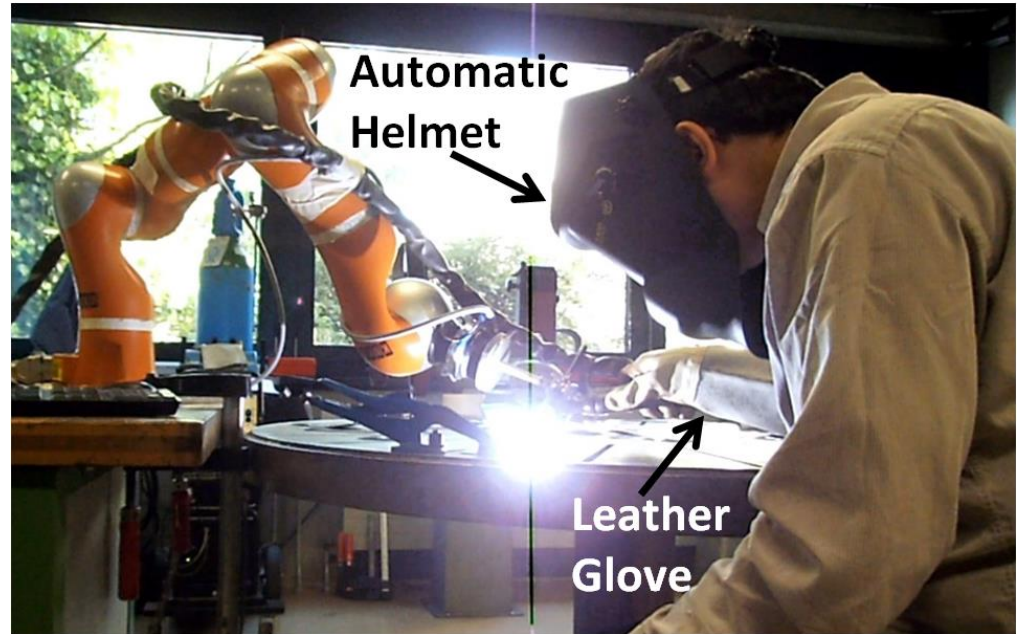
Erweitern statt ersetzen

Roboter zum Lichtbogenschweißen

- Folgt der vom Benutzer angegebenen Bewegung
- Reduziert das Zittern

Ermöglicht es Anfängern, vergleichbare Leistungen wie Experten zu erzielen

(Erden & Billard, 2015)



Kollaboration und Sicherheit

Gefahren der Kohabitation / Kollaboration

- Gefahren
 - Schnelle, weite und unnatürliche Bewegungen
 - Schwere Lasten
 - Vom Roboter getragene Werkzeuge (Klinge, Schweissbogen usw.)
- Risiken
 - Unbeabsichtigter Kontakt
 - Eingeklemmt zwischen zwei Segmenten



Intelligent Robotics Lab, Korea Univ

Erkennung von Kontakten

- Stopp bei Kontakt
 - Häufigster Standard
 - Stoppt die Produktion
 - Verhindert freiwilligen Kontakt

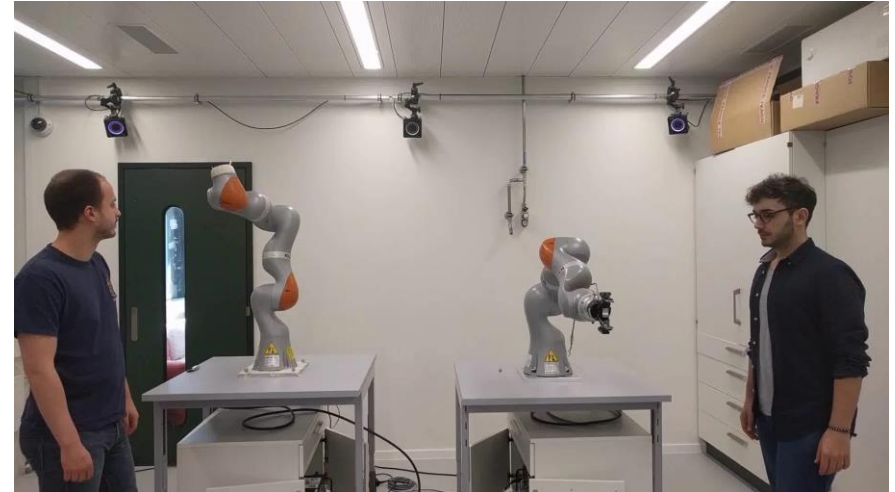


**Beseitigt nicht die
Einklemmungsgefahr**

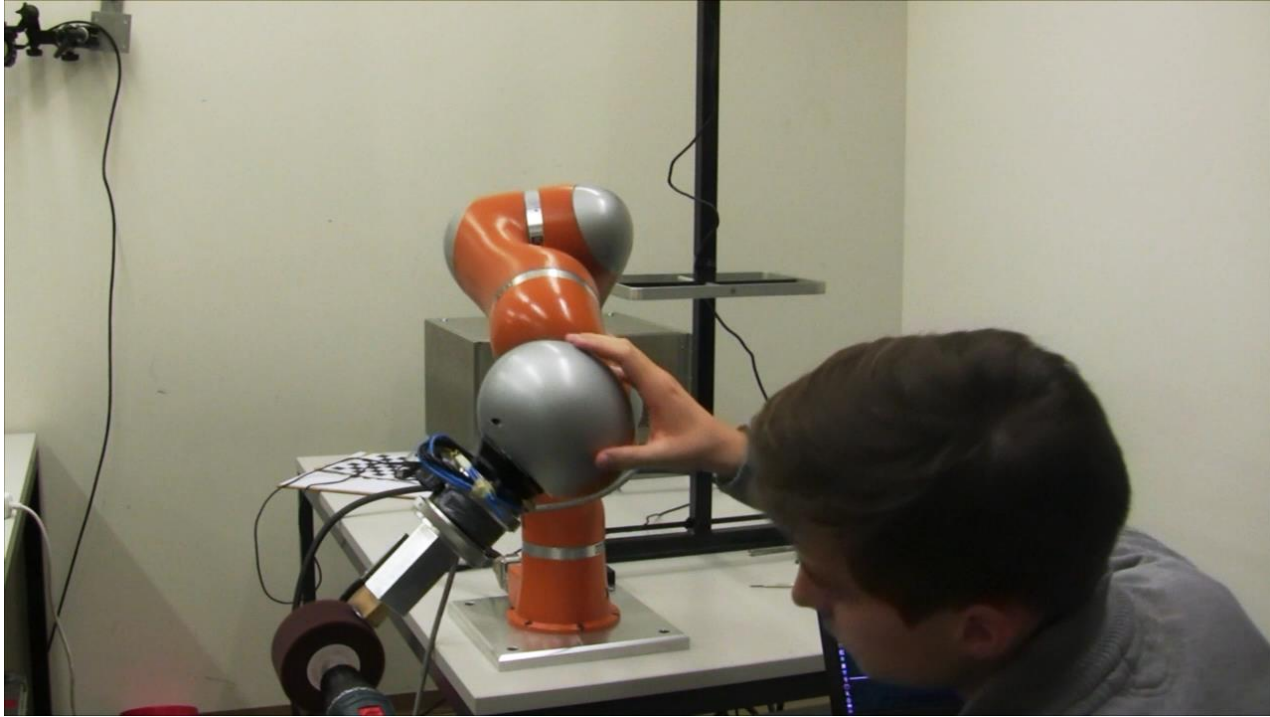


Nachgiebige Roboter

- Elastische Reaktion anstelle des Anhaltens
 - Dämpfung der Kontaktkraft
 - Ermöglicht das Wegschieben
 - Erlaubt freiwilligen Kontakt
- Ermöglicht Lernen durch Vorführung



Beispiele



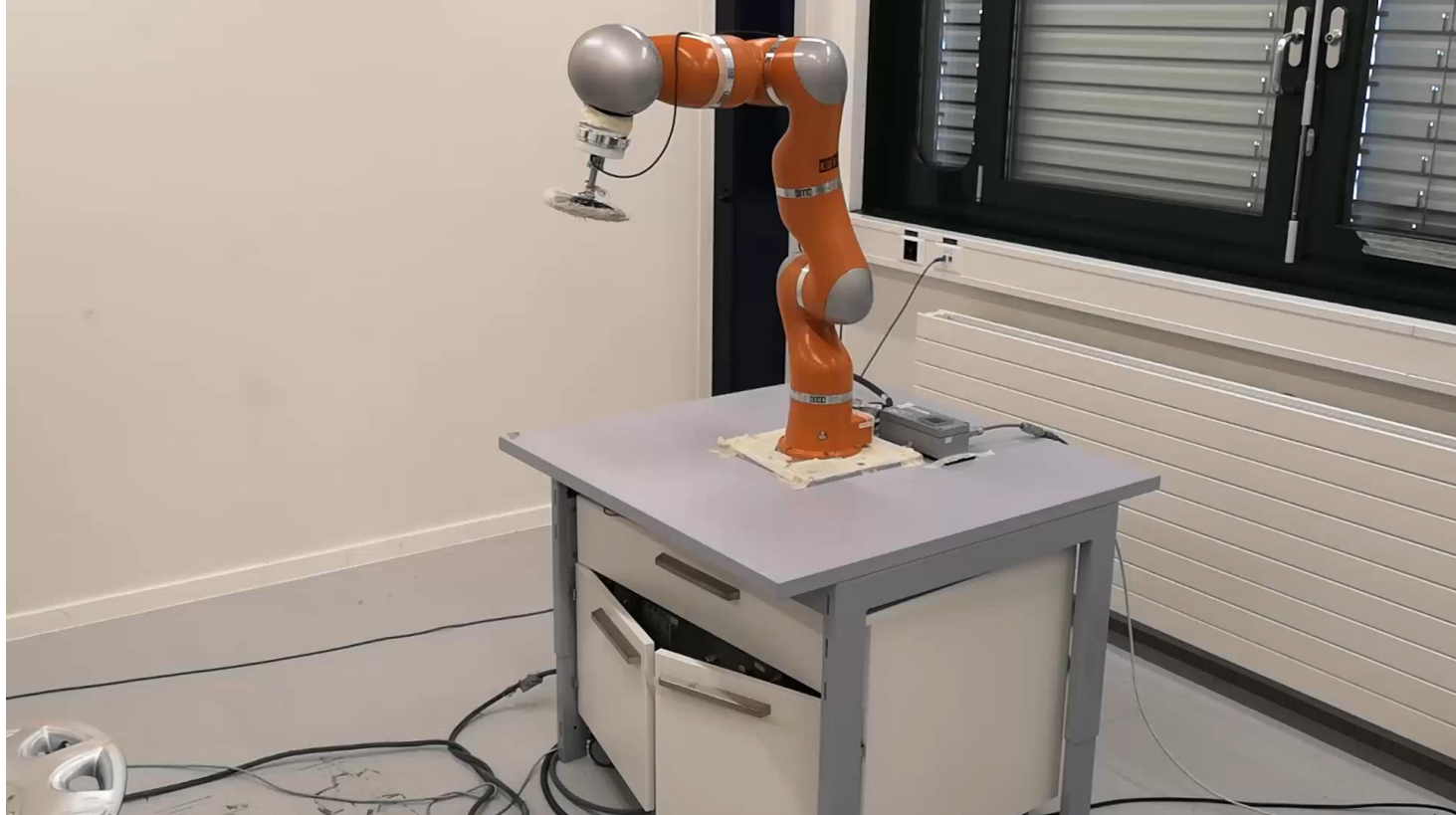
Beispiele



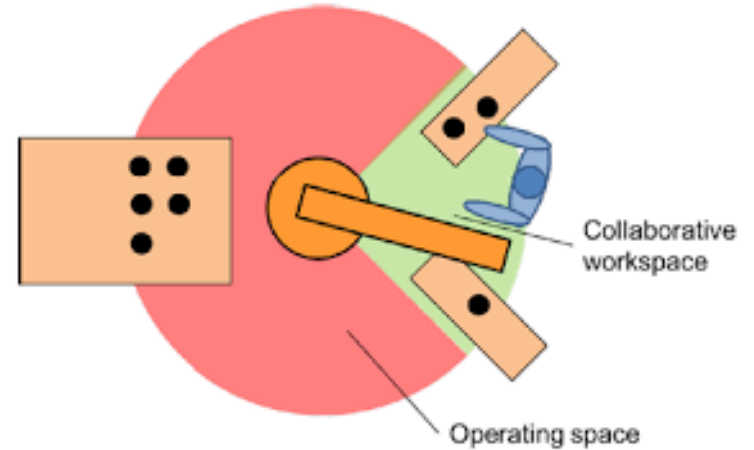
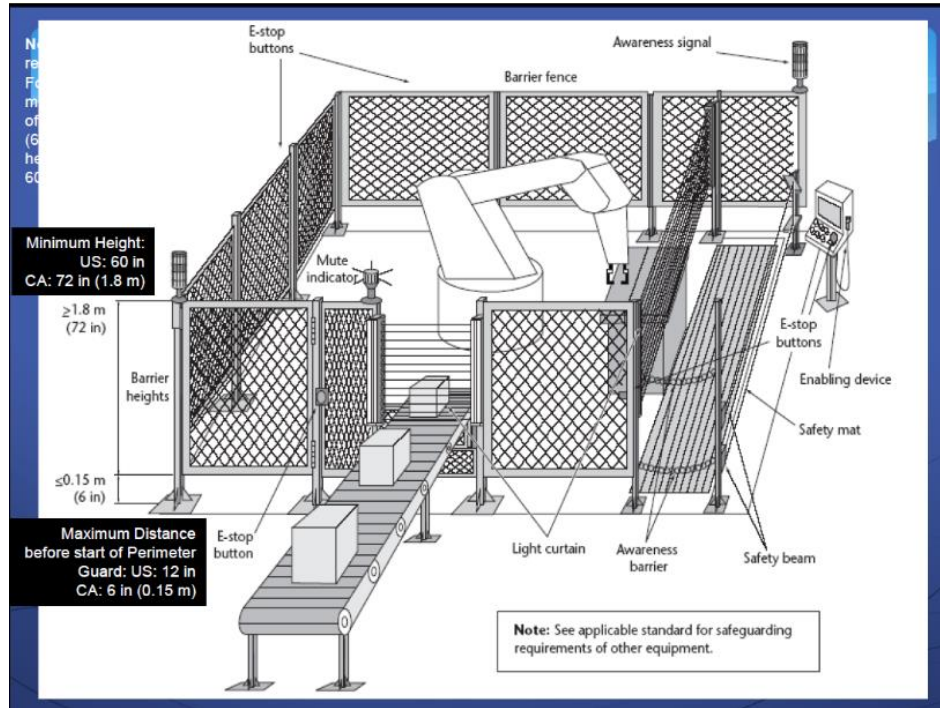
Dynamical System Approach to Task-Adaptation in Physical Human-Robot Interaction

Mahdi Khoramshahi, Jose R. Medina, and Aude Billard

Beispiele



Von der Robotikzelle zum kollaborativen Raum



ISO TS 15066 / 2016

Zertifizierung nach ISO-15066


Kollaborative Roboter müssen mindestens eines der folgenden Merkmale aufweisen:

- **Safety-Rated Monitored Stop:**
 - Komplettes abschalten durch Schutzvorrichtungen
 - Automatisch
- **Hand-Guiding:**
 - Manuelle direkte Fernsteuerung
 - Über Aktivierungs- und Befehlsgerät in reduzierter Geschwindigkeit
- **Speed and Separation Monitoring (SSM):**
 - Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung
 - Von Abstand bedingte Geschwindigkeit
 - Anhalten bei zu geringem Abstand
- **Power and Force Limiting (PFL):**
 - Leistungs- und Kraftbegrenzung
 - Verriegelung bei Überschreitung eines bestimmten Wertes

Zertifizierung von Kooperationsräumen

ISO TS 15066 / 2016
ISO 10218-2/2011

- Zertifizierung:
 - Risikobewertung und Einsatz im Einzelfall
 - Zusammenarbeit zwischen Anwender und Installateur
 - Verminderung der Risiken
- Kriterien:
 - Das ganze Packet:
 - Roboter – Endeffektor – Werkzeug – Aufgabe
 - Für eine enge Zusammenarbeit sollte Folgendes gelten:
 - Freiwilliger und unabsichtlicher Kontakt muss geregelt werden
 - Der Benutzer sollte einen vollständigen Überblick haben
 - Die Bewegungen des Roboters sollten intuitiv sein

 Die Zertifizierung des Roboters allein genügt nicht

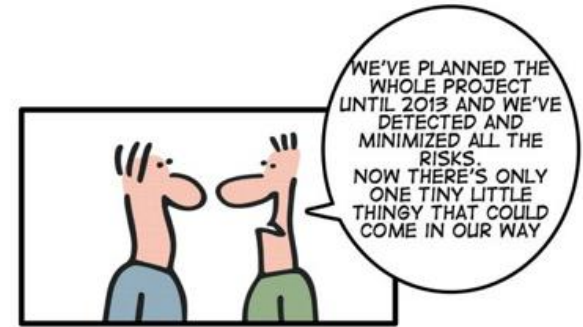


KUKA IIWA + Gripper Schunk

Lernen statt programmieren

Warum sollten Roboter lernen?

- Ungewissheit in der realen Welt
 - Ständig im Wandel
 - Im Kontakt mit menschlicher Unsicherheiten
- Schnelles und angemessenes Reagieren erforderlich
 - Erkennen von Fehlern
 - Lösungen finden
 - Generalisierung



Gewisse Aufgaben sind komplexer als andere



Fast 100% autonom



Weitere Jahre der Forschung erforderlich

Der Teufel steckt im Detail

- Unterschiedliche Werkzeuge für dieselbe Aufgabe

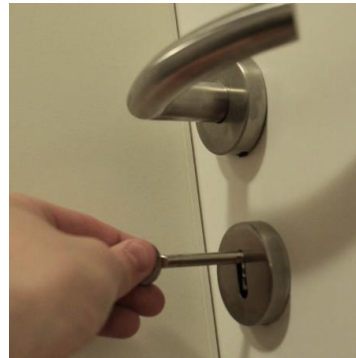


- Unterschiedliche Wege um ein und dasselbe Werkzeug einzusetzen



Unsere Welt ist für Menschen gemacht

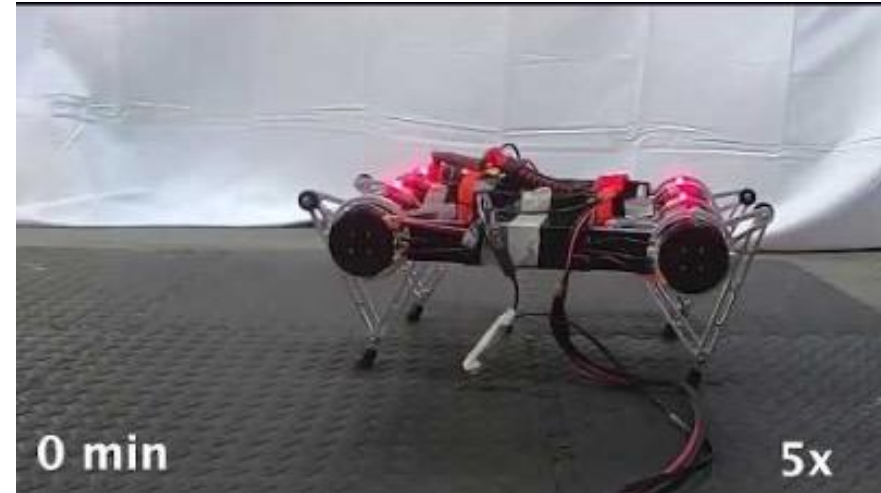
- Utensilien, Werkzeuge, verschiedene Gegenstände sind für die Größe und Stärke der Hand gemacht
- Die Größe von Objekten (z. B. Türen, Treppen, Möbel, ...) ist für einen menschlichen Körper mit einer typischen Größe ausgelegt



Verschiedene Arten des Lernens

Verstärkungslernen (RL)

- Inspiriert vom menschlichen Lernen
- Prinzip von Zuckerbrot und Peitsche
- Verallgemeinert gut, kann aber zeitaufwendig sein
- Scheitert, wenn die Belohnung schwer zu definieren oder zu bekommen ist (sparse reward)



Verschiedene Arten des Lernens

Lernen durch Vorführung

- Lernt von der Vorführung eines Experten
- Das Prinzip der (klugen) Nachahmung
- Schwierigkeiten bei der Erstellung einer ausreichenden Anzahl von Demonstrationen



Kann kombiniert werden



Mensch-Roboter-Schnittstellen

- Teleoperation
 - Praktische, aber unvollständige Ansicht
 - Oft fehlende Kraft- und Gefühlsrückmeldung
- Kinästhetik
 - Handhabung des Roboters
 - Unterschiede in der Morphologie können Probleme verursachen
- Gehirn-Maschine-Schnittstelle
 - Verrauschtes Signal
 - Schwierig zu interpretieren



Der Körper des Roboters ist nicht angepasst

- Robotergreifer sind nicht für menschliche Aufgaben geeignet



Robotiq

- Menschenähnliche Roboterhände existieren, aber sind:
 - zu groß
 - zu schwach oder zu stark
 - schwer zu kontrollieren



Allegro (Simlab)

Der Körper des Roboters ist nicht angepasst



PR2

Auswirkungen der Morphologie

- Die Unterschiede zwischen Menschen und Robotern erschweren das Lernen durch Demonstration



Im landwirtschaftlichen
Umfeld

Anwendungen in der Landwirtschaft



Anwendungen in der Landwirtschaft



Anwendungen in der Landwirtschaft



