Technische Hochschule Georg Agricola

VORLESUNG - ROBOTIK

EINFÜHRUNG

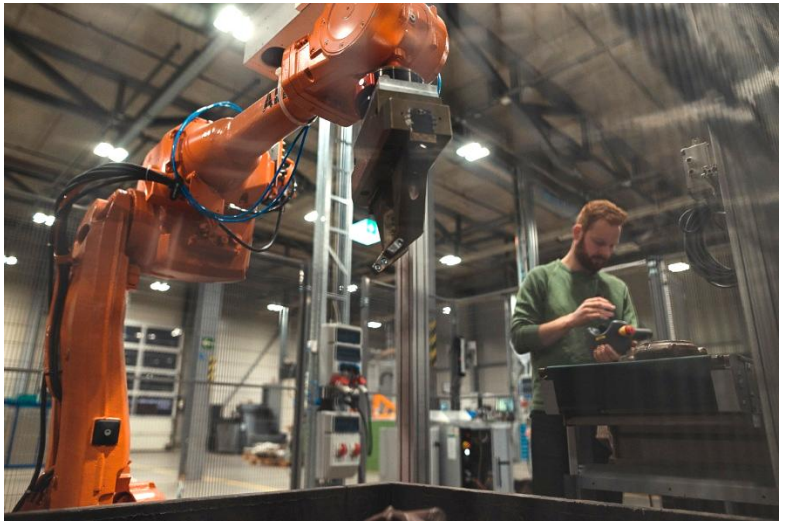
Bochum

Prof. Dr.-Ing. Lars N. Josler

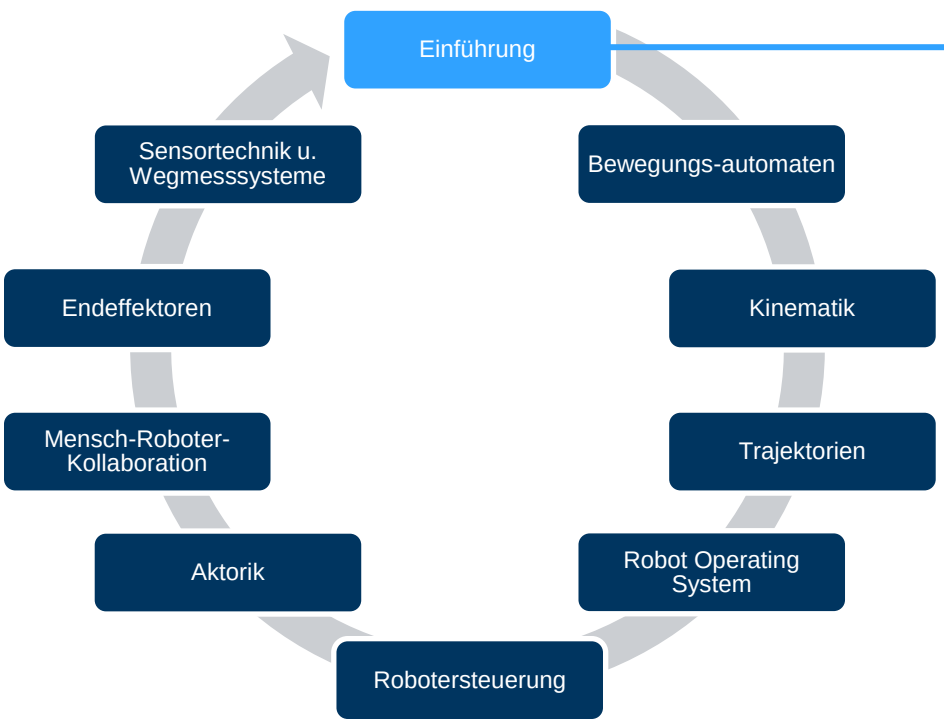
VORSTELLUNG

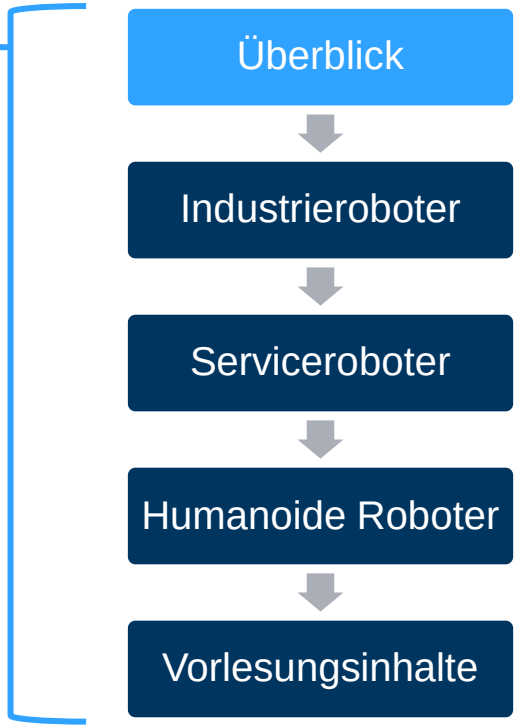
- ***2013 – 2015*** **Studium Maschinenbau B.Eng.** an der **THGA**
- ***2015 – 2018*** **Studium Maschinenbau M.Sc.** an der **RUB**
- ***2018 – 2023*** **Wissenschaftlicher Mitarbeiter** am **Lehrstuhl für Produktionssysteme**
- ***2023 – 2026*** **Expert Automatisierung und Digitalisierung** bei **Evonik**
- ***Ab 03.2026*** **Professur** für **Automatisierungstechnik** an der **THGA**

Prof. Dr.-Ing. Lars Niklas Josler
Lars.josler@thga.de
Gebäude 7, Raum 206



VORLESUNGSINHALTE





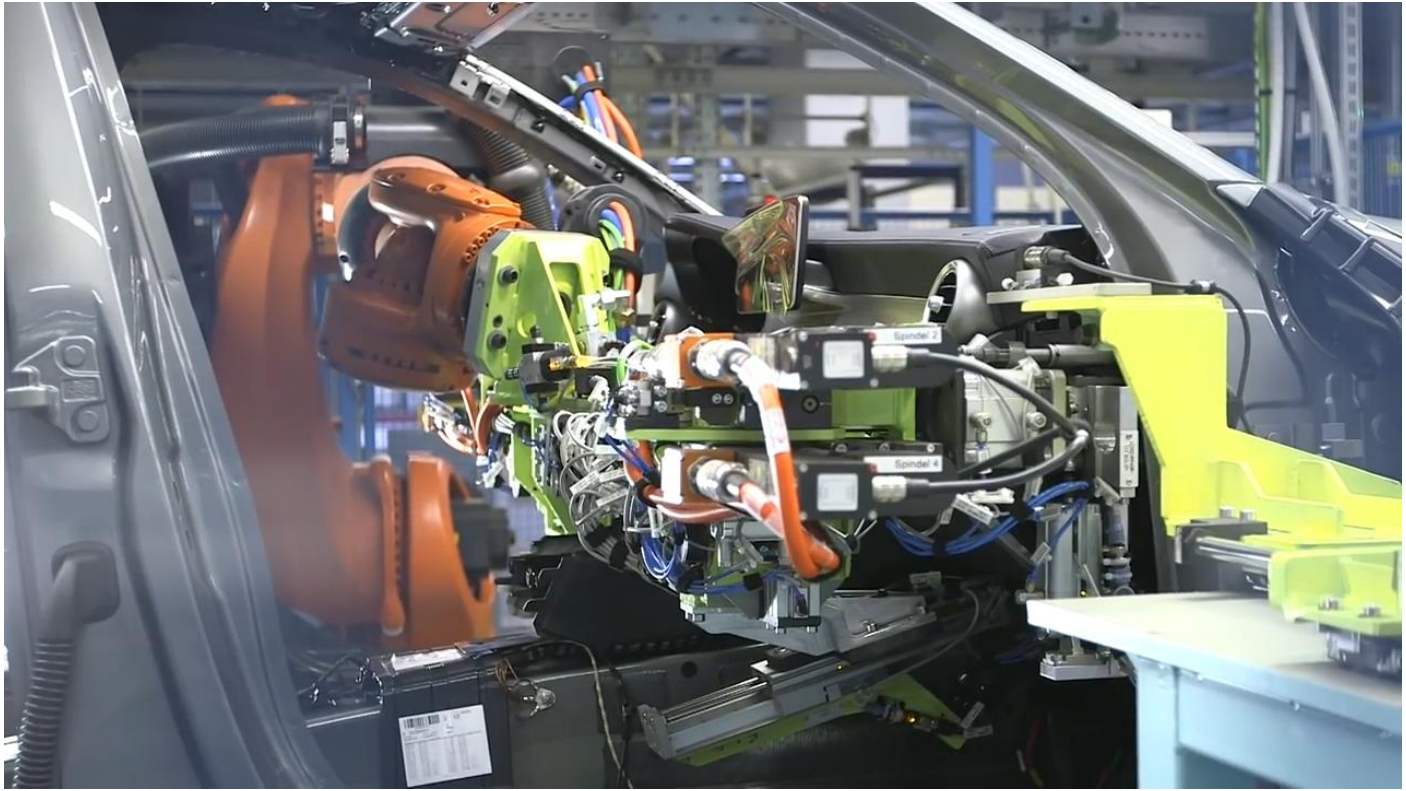
WELT DER ROBOTIK

- Aufgaben und Einsatzgebiete
- Unterschiedliche Formen, Mobilität, Größen
- Was ist ein Roboter?

ROBOTERARTEN NACH EINSATZGEBIET

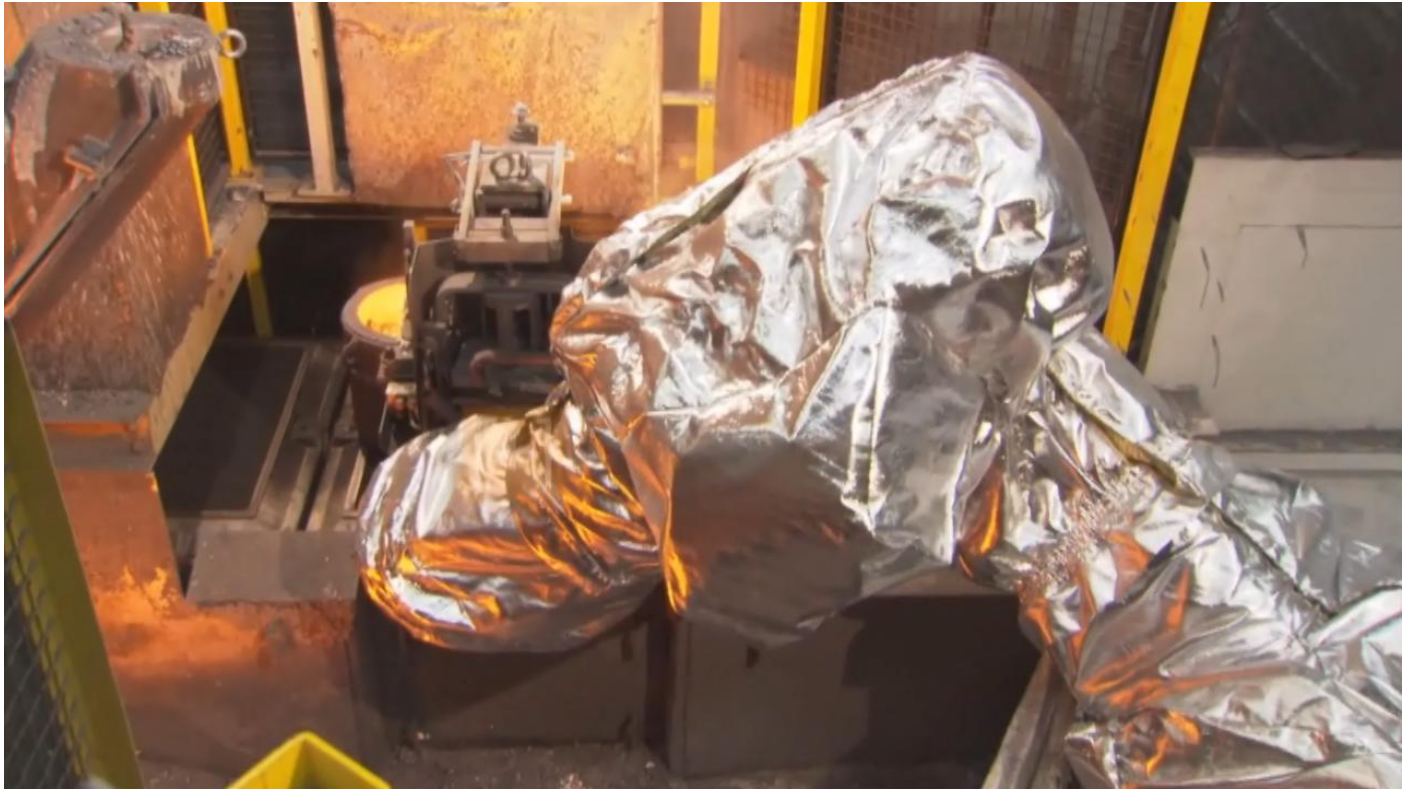
- **Roboter**
  - Industrieroboter
    - Fertigungsroboter
    - Montage- und Handhabungsroboter
    - Prüf- und Inspektionsroboter
    - Logistik- und Förderroboter
  - Serviceroboter
    - Medizinische Roboter
    - Pflege- und Assistenzroboter
    - Haushaltsroboter
    - Gastronomieroboter
  - Mobile und autonome Roboter
    - Transportroboter
    - Drohnen (UAVs)
  - Bildungs- und Unterhaltungsroboter
    - Lernroboter
    - Spielroboter
  - Sicherheits- und Rettungsroboter
    - Überwachungsroboter
    - Rettungsroboter
    - Kampfmittelräumroboter

PRODUKTION DER MERCEDES-C-KLASSE



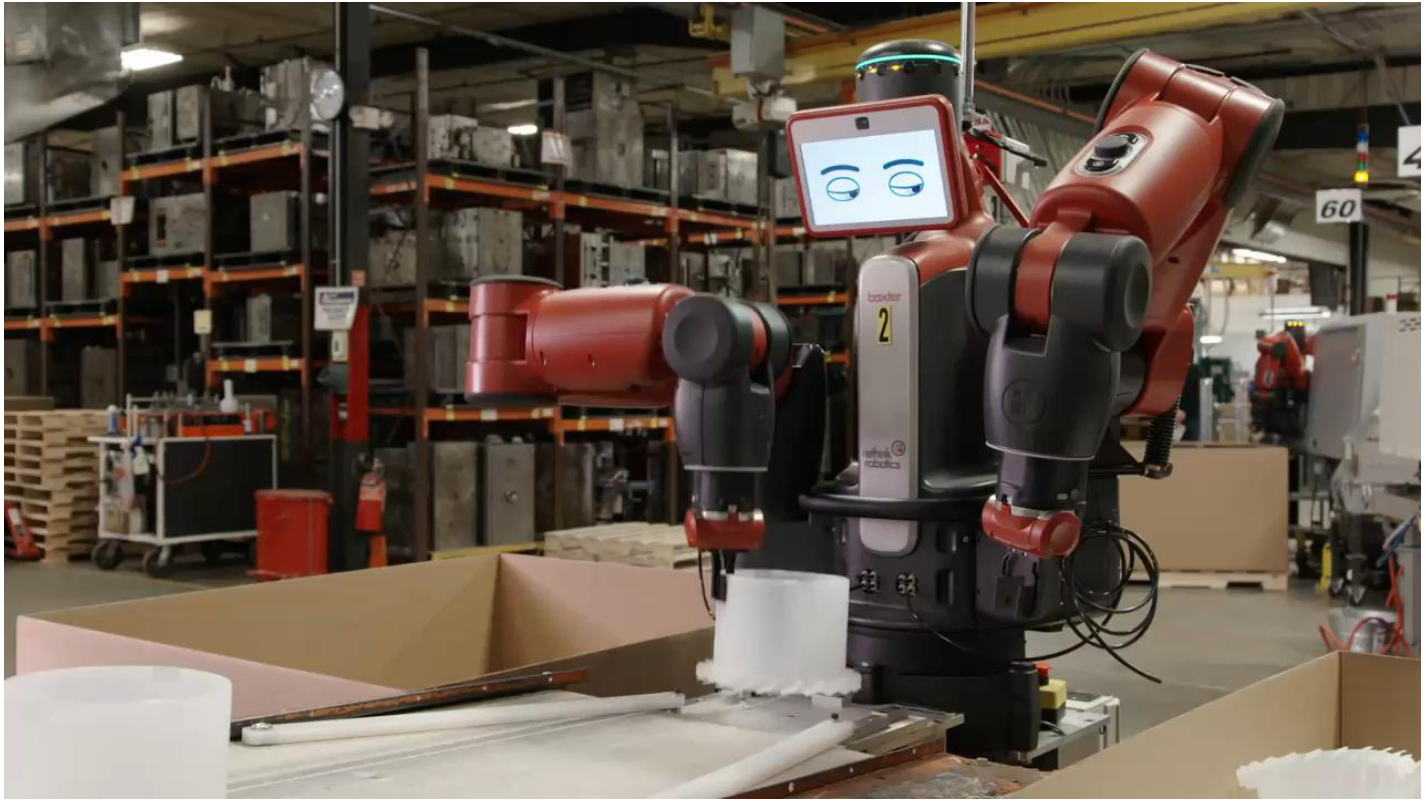
Quelle: Lutenus Cars (https://www.youtube.com/watch?v=AS_5X9jNu7c)]

ROBOTEREINSATZ IN DER GIEßEREI



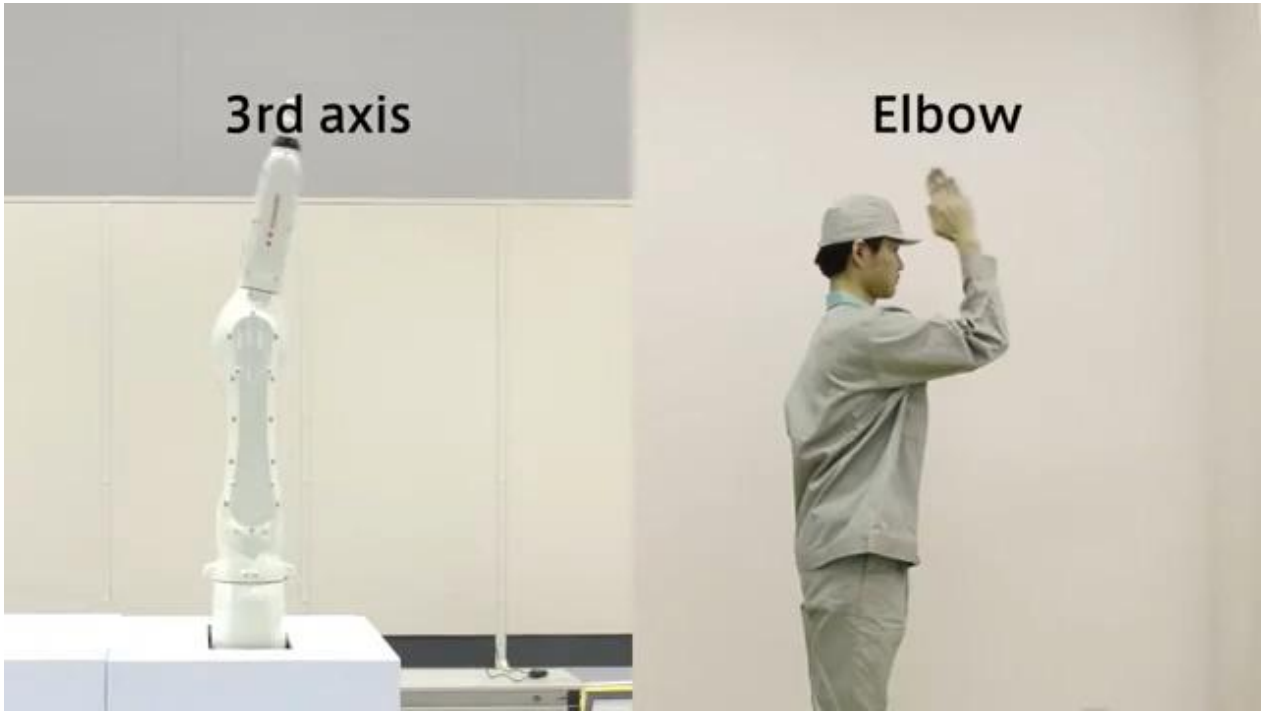
[Quelle: KUKA]

SERVICEROBOTER IN DER PRODUKTION



Quelle: Stuttgarter Zeitung & Stuttgarter Nachrichten

DER MENSCH ALS VORBILD DES ROBOTERS



Mensch	Roboter
Gehirn	Steuerung
Sinne	Sensoren
Muskeln	Antriebe
Skelett	Kinematik
Hüfte	Achse 1
Schulter	Achse 2
Ellbogen	Achse 3
Rotation des Handgelenks	Achse 4
Beugen des Handgelenks	Achse 5
Finger	Achse 6

https://www.youtube.com/watch?v=6LdGZ4yFu-8

INDUSTRIELLE ROBOTIK

BEGRIFFSBESTIMMUNG „INDUSTRIEROBOTER“

Der Begriff **Roboter** (*robota*, westslawisches Wort, mühselige Arbeit, ursprünglich Arbeit allgemein) wurde 1917 vom tschechischen Schriftsteller Karel Čapek in seinem utopischen Roman R.U.R (Rossums Universal Robots) geprägt. Der Roman handelt von einem Imperium, das „Roboter" baut.

RIA - Robot Institute of America
„Ein Roboter ist ein programmierbares Mehrzweck-Handhabungsgerät für das Bewegen von Material, Werkstücken, Werkzeugen oder Spezialgeräten. Der **frei programmierbare Bewegungsablauf** macht ihn für verschiedene Aufgaben einsetzbar.”

VDI-Richtlinie 2860
„Ein Roboter ist ein universell einsetzbarer Bewegungsautomat **mit mehreren Achsen**, dessen Bewegungen […] **frei programmierbar** und **ggf. sensorgeführt** sind.”

ISO 8373 Manipulating industrial robots (1994-12-01, frei übersetzt)
Automatisch gesteuerter, umprogrammierbarer Mehrzweckmanipulator. Programmierbar in **drei oder mehr Achsen**, die entweder **feststehend oder beweglich** für den Einsatz in industriellen Automatisierungsanwendungen sein können.

INDUSTRIEROBOTER - DEFINITION NACH DER EUROPÄISCHEN NORM EN 775

*Ein **Industrieroboter** ist automatisch gesteuertes, wiederprogrammierbares, vielfach einsetzbares Handhabungsgerät mit mehreren Freiheitsgraden, das entweder ortsfest oder beweglich in automatisierten Fertigungssystemen eingesetzt werden kann.*

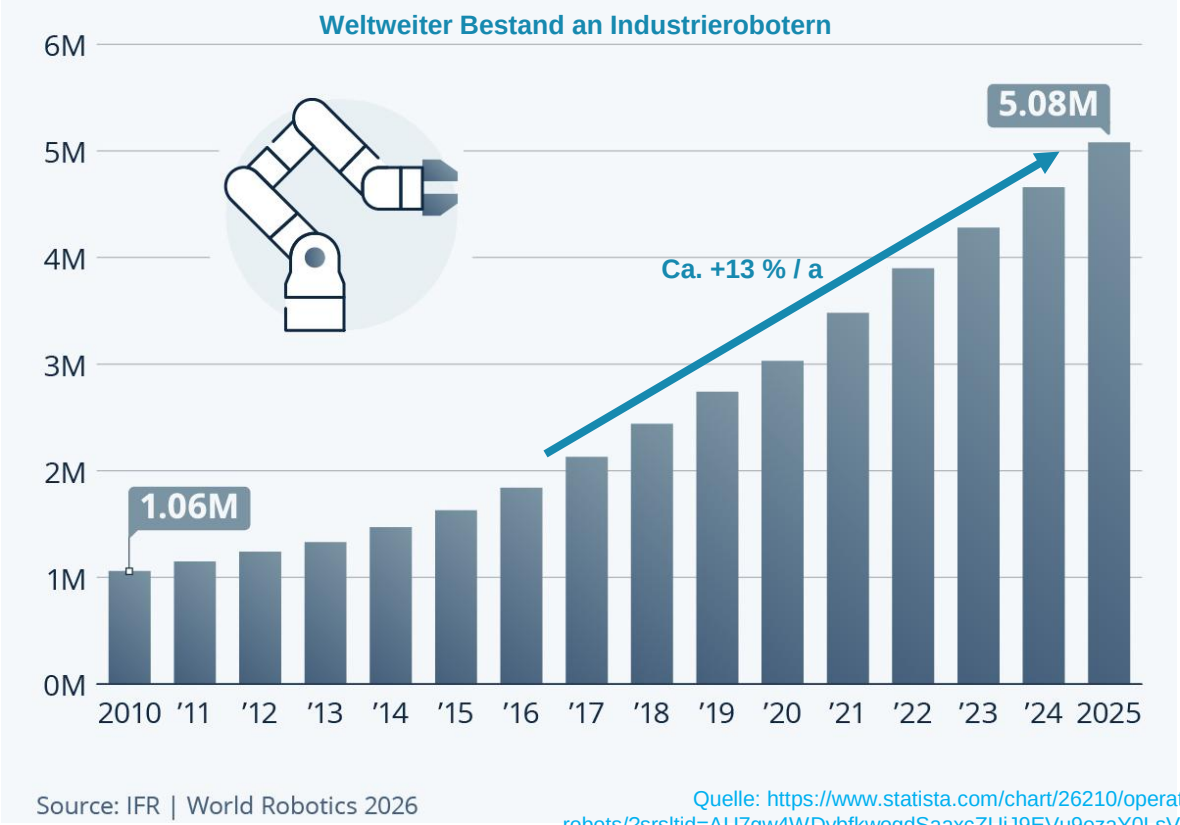
- Besteht im Allgemeinen aus
  - dem Manipulator
  - der Steuerung
  - Effektor (Werkzeug, Greifer, etc.).
- Oft mit verschiedenen Sensoren ausgerüstet
- Einmal programmiert ist diese Maschine in der Lage, einen Arbeitsablauf autonom durchzuführen, oder die Ausführung der Aufgabe abhängig von Sensorinformationen in Grenzen zu varii

Quelle: ABB

DEFINITION ROBOTERSYSTEM NACH EN 775

- **Ein Robotersystem umfasst:**
  - den Roboter (Hardware und Software), bestehend aus dem Manipulator, ortsfest oder beweglich, der Energieversorgung und dem Steuersystem;
  - den Werkzeugaufnahmeflansch;
  - alle Ausrüstungen, Geräte oder Sensoren, die der Roboter zur Ausführung seiner Arbeit benötigt;
  - jede Kommunikationsschnittstelle, die den Roboter versorgt und kontrolliert, solange diese Peripheriegeräte durch das Steuergerät des Roboters überwacht werden.

MARKTENTWICKLUNG VON INDUSTRIEROBOTERN



Quelle: https://www.statista.com/chart/26210/operational-stock-of-industrial-robots/?srsltid=AU7gw4WDybfkwogdSaaxcZUjJ9EVu9ezaY0LsVTGEITZMnoQQkrV3wVI

BEDEUTUNG VON ROBOTERN

- **Vorbehalte gegen Robotik:**
  - hohe Investitionskosten
  - Schulungen & Fortbildungen notwendig
  - spezielle Anforderungen an Arbeitssicherheit
  - verdrängen Mitarbeitende aus Tätigkeitsfeldern
  - fördert das Freisetzen von Arbeitsplätzen
  - …

- **Chancen durch Robotik:**
  - Handhaben hoher Lasten
  - dynamisch einsetzbar
  - weitgehend unabhängig von Raumluft, Lärm und Lichtverhältnissen
  - unterstützen Menschen z.B. durch kooperierendes Arbeiten
  - hohe Wiederholgenauigkeit und Präzision
  - schaffen neuer Arbeitsplätze und neuer Tätigkeitsfelder
  - …

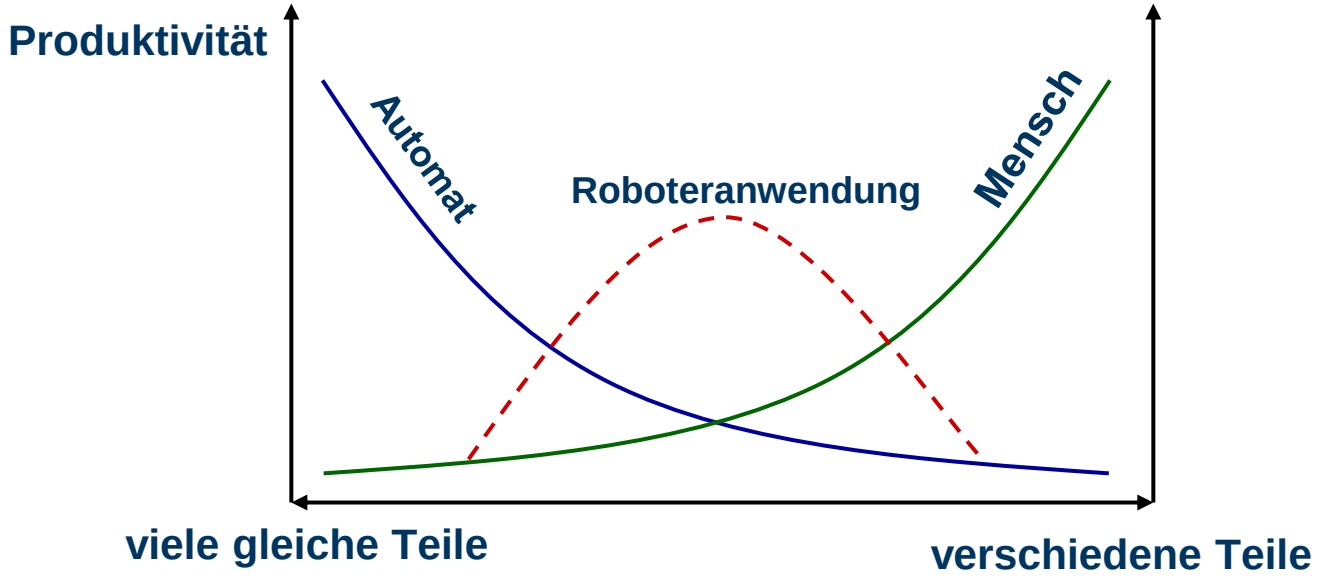
GRÜNDE ZUR ANWENDUNG VON ROBOTERN

- Steigender Bedarf an verschiedenen Typen und Versionen, bei gleichzeitiger Beschleunigung des Produktzyklus (Flexible Fertigung)
- Höhere Qualitätsstandards für die Produkte
- Sicherheit/Ergonomie bzgl. Verschmutzung, Wiederholung und gesundheitsschädlichen Arbeitsbereichen
- Wirtschaftlicher Druck z. B. steigende Kosten, Produktmengen, Arbeitskräftemangel

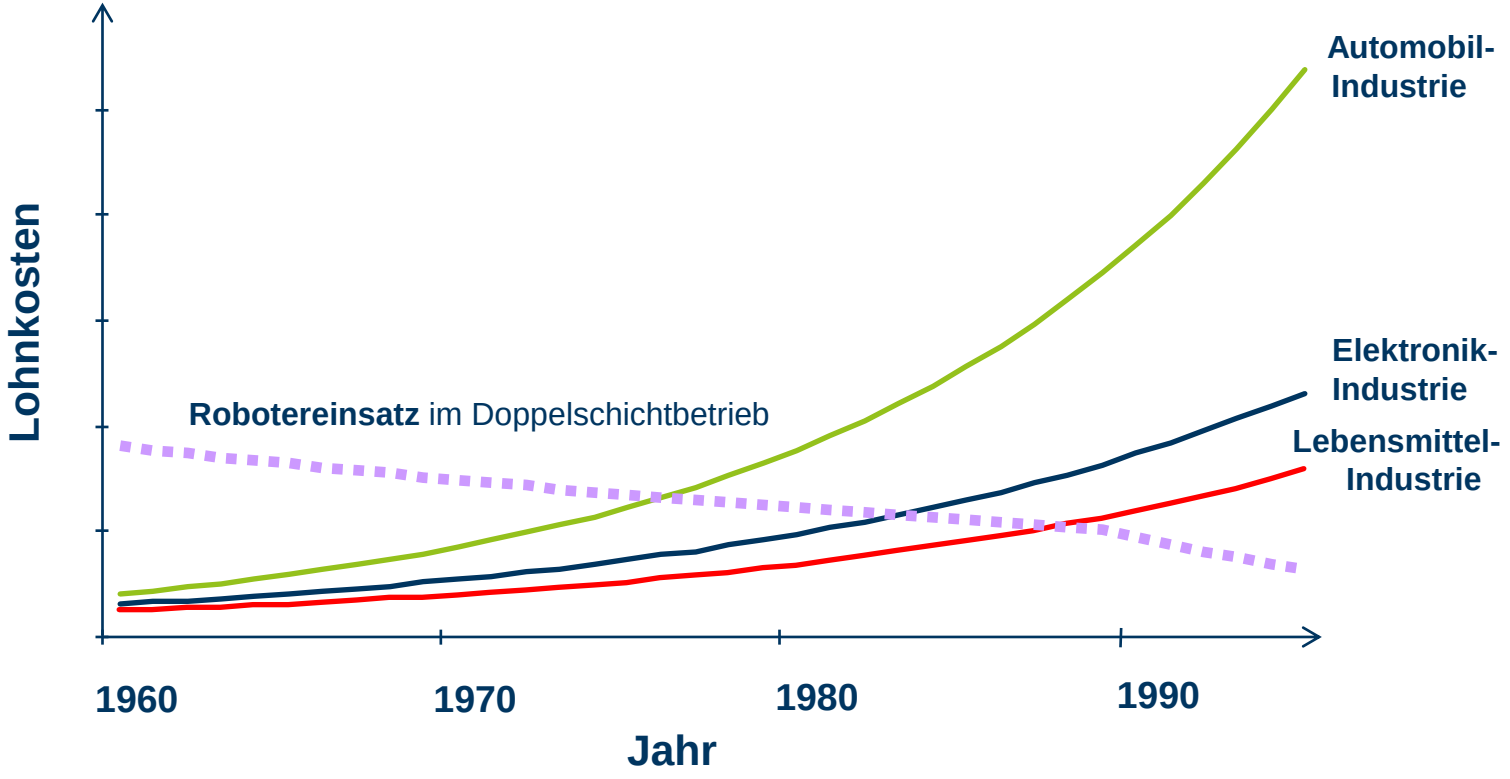
Quelle: Waferherstellung mit 17 Reinraum-Robotern - KUKA AG , BMW

GRÜNDE ZUR ANWENDUNG VON ROBOTERN

- Kombinieren der Effizienz von Automatisierungs-Anlagen mit der Flexibilität des Menschen
- Hauptsächlich für komplexe und ermüdende Aufgaben mit überschaubarer Anzahl an Teilen

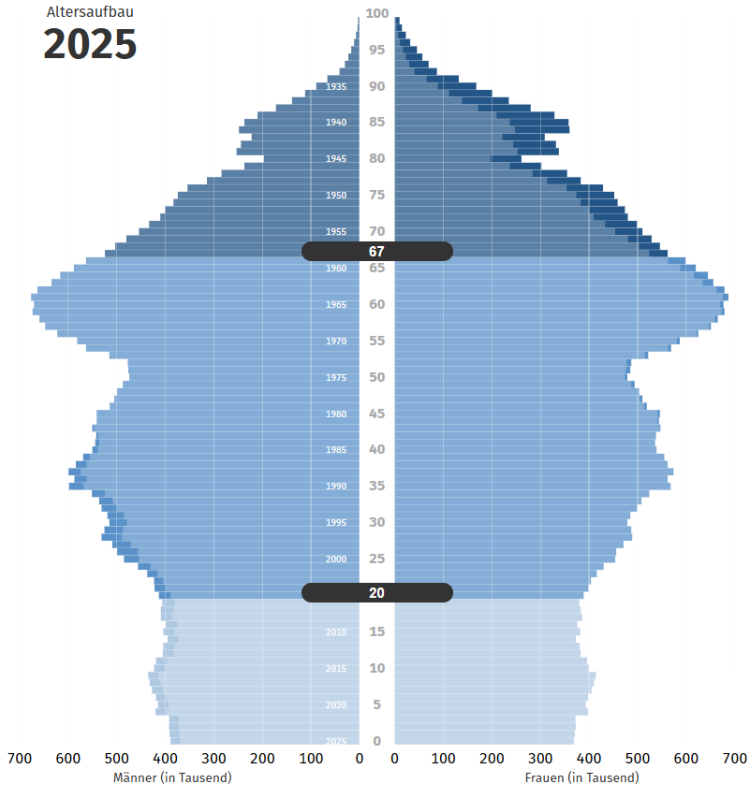


WIRTSCHAFTLICHKEIT VON ROBOTERN



[Quelle in Anlehnung an: U.S. Department of Labor, Robotic Industries Association]

BEVÖLKERUNGSPYRAMIDE IN DEUTSCHLAND

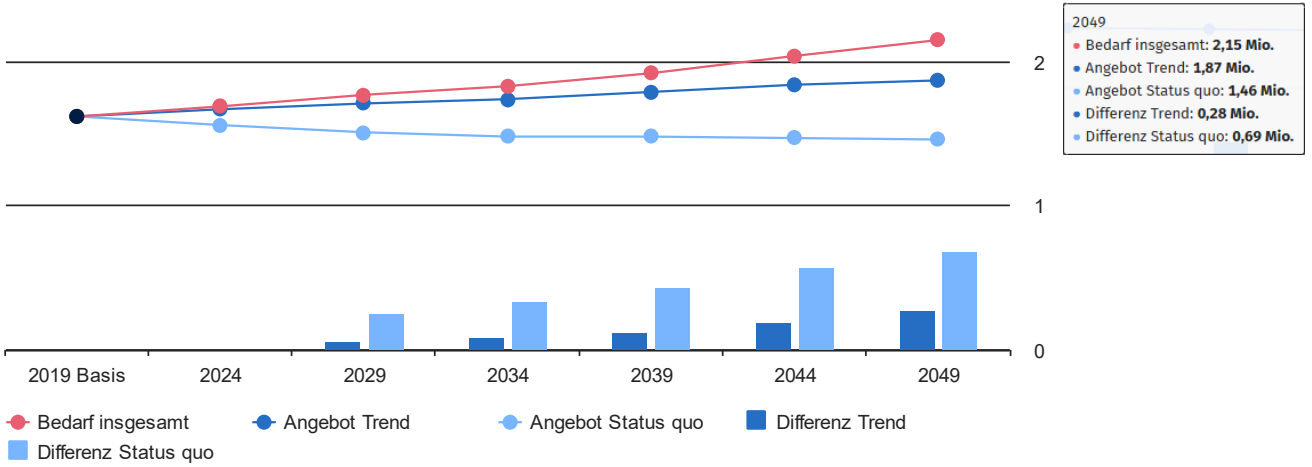


Quelle: Bevölkerungspyramide: Altersstruktur Deutschlands von 1950 - 2070

BEDARF PFLEGEKRÄFTE

Engpassbetrachtung des vorausberechneten Bedarfs und Angebots von Pflegekräften

in Millionen



Datenbasis 2019: Mikrozensus 2019

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/01/PD24_033_23_12.html

UNTERSCHIED ZWISCHEN INDUSTRIE- UND SERVICE ROBOTER

Industrieroboter (Merkmale)

- Stellen mit Abstand den größten Teil auf dem Markt da
- Erfüllen eine eng begrenzte Aufgabe im Produktionsprozess
- Ihre Handlungen umfassen einen einzigen Prozess, der mit klar definierten Umgebungsbedingungen auszuführen ist

Wie würden Sie nun, im Gegensatz zu Industrierobotern, Serviceroboter definieren?

Quelle: m-tool.eu

Quelle: beschaffung-aktuell.industrie.de

UNTERSCHIED ZWISCHEN INDUSTRIE- UND SERVICE ROBOTER

Service Roboter (Merkmale)

- Alle Roboter, die nicht im vollautomatisierten Umfeld eingesetzt werden
- Agieren in einer sich ständig ändernden Umgebung
- Agieren (teil-)autonom und kollaborieren mit dem Menschen
- Lernfähigkeit, Anpassung und Korrektur eigener Fehler sind Grundsätze

Quelle: computer-automation.de

ROBOTER FÜR DEMENZKRANKE

https://www.youtube.com/watch?v=agia0O8ms84

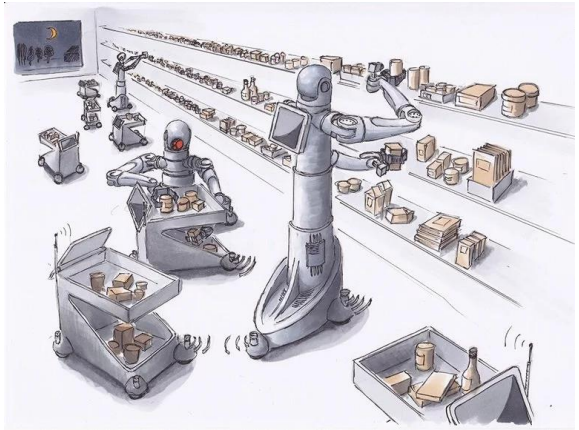
SERVICEROBOTER IN DER STADTBIBLIOTHEK

Quelle: Stuttgarter Zeitung & Stuttgarter Nachrichten

DEFINITION

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
„Ein Serviceroboter ist eine frei programmierbare Bewegungseinrichtung, die teil- oder vollautomatisch Dienstleistungen verrichtet. Dienstleistungen sind dabei Tätigkeiten, die nicht der direkten industriellen Erzeugung von Sachgütern, sondern der Verrichtung von Leistungen für Menschen und Einrichtungen dienen."

- Meist mobil
- Dienstleistungen werden in direkter Kollaboration mit dem Nutzer oder völlig autonom erbracht.
- besondere Fähigkeiten (z . B . Umfeld Erfassung und Interpretation, Lernfähigkeit, einfache Instruierbarkeit).
- generell große Flexibilität und hohe Autonomie.



Quelle: Industrielle Servicerobotik – BMW, Automatica 2018i

AUTONOME STAUBSAUGROBOTER

- **Verschiedene einfache Bewegungsmodi**
  - Zufall, Wandverfolgung, Wand-zu-Wand, spiralförmig, …
- **Bodensensorik zur Erkennung von Unebenheiten und Stufen**
- **Navigation und Kamera oder Laser**
- **Kartierung und kartenbasierte Navigation**

BEISPIEL SERVICEROBOTER: PEPPER

- **Eckdaten**
  - 120 cm, 28kg, Traglast 0,5 kg, 20 Freiheitsgrade, Laufzeit 12h .
- **Kopf**
  - Vier Mikrofone, zwei HD-Kameras (Mundes, Stirn) und ein 3D-Abstandssensor (hinter den Augen).
- **Torso**
  - Ein Gyrosensor und der Kopf und die fünffingerigen Hände verfügen über Berührungssensoren
- **Basis („Bein/Fußbereich“):**
  - Zwei Sonarsensoren, sechs Laserscanner, drei Stoßfängersensoren und einen weiteren Gyrosensor.
- **Stimme und Ausdruck:**
  - voice synthesizer, 2 Lautsprecher, LED Leuchten.
- **Fortbewegung:**
  - Drei im Fußteil befindlicher und verdeckter Allseitenräderflachem auf flachem Boden mit maximal 3 km/h

https://media.renault.com/wp-content/uploads/2024/01/6956d75d9338c4a5bbc0ccce639ac160-l.jpg.webp

BEISPIEL MOBILER ROBOTER: TURTLEBOT 4

- **Eckdaten**
  - 34 × 34 × 35 cm, 3,9 kg Traglast 9 kg, Laufzeit: 4 Stunden
- **Betriebssystem:**
  - Ubuntu 20.04 mit ROS 2
- **Sensorik**
  - OAK-D-Pro mit 4K-RGB-Kamera (IMX378), Stereo-Monokamera (OV9282)
  - 3D-LiDAR: SLAMTEC RPLiDAR A1 (360°-Scan, 8 kHz, 1° Auflösung)
  - 3D-Gyroskop
  - 3D-Beschleunigungssensor
  - Optischer Flow-Sensor Encoder: 2 Rad-Encoder
  - Cliff-Sensoren: 4 IR-Sensoren zur Absturzerkennung
  - Stoßsensoren: 2 Front-Bumper-Zonen
- **Fortbewegung:**
  - 2 Antriebsmotoren, 0,46 m/s
- **Kommunikation**
  - Audio: 1 Lautsprecher
  - Visuelle Anzeige:6 RGB-LED-Ringe5 Status-LEDs2 User-LEDs128×64 OLED-Display

AUSZÜGE AUS EINER SICH ENTWICKELNDEN SERVICEROBOTIK

- **Charakteristikum der Servicerobotik:**
  - Komplexität steigt aufgrund der notwendigen „Alltagstauglichkeit“ erheblich:
    - Umgebung ist variantenreicher
    - „User“ ist kein Spezialist

Schneeräumen

Musizieren

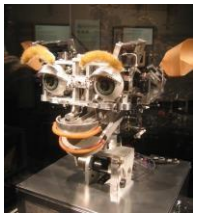
Staubsaugen

Kochen

HUMANOIDE ROBOTER

- Roboter mit menschenähnlicher Gestalt und Bewegungsfähigkeit
- Ziel: Interaktion mit Menschen in natürlicher Umgebung
- Laufroboter

Roboter Girl AIST (Japan)



Kismet MIT (Brooks) (USA)

LOLA TUM (Ulbrich) (Deutschland)

WAMOT-2 Waseda Universität (Japan)

Asimo Honda (Japan)

Geigenspieler Toyota (Japan)

NAO Aldebaran (Frankreich)

HOAP 1 Fujitsu (Japan)

Kojiro Univ. Tokyo (Inaba) (Japan)

Atlas Bosten Dynamics (USA)

ASIMO (HONDA, JAPAN)

- **Eckdaten:**
  - Größe: 120 cm, 34 Freiheitsgrade, Laufzeit 40min, 6 km/h
  - Sensorik: visuelle Sensoren, Bodenoberflächen-Sensoren, Ultraschall-Sensoren, IC-Ferninteraktions-Kommunikationskarte, kinästhetische Kraftsensoren, Audio-Sensoren, ...
  - Gesichts- und Gestenerkennung
- **Entwicklung seit 1986**
  - Entwicklung Asimo seit 1999, erste Vorstellung 2004.
- **Klar als Forschungsprojekt definiert –**
  - dennoch: Grundlage für andere Technologien
  - Kraftfahrzeug-Sicherheit
  - Erkennungstechnologien
  - Leichtbau

http://asimo.honda.com/gallery/

ATLAS - BOSTEN DYNAMICS

https://www.youtube.com/watch?v=I44_zbEwz_w

GENESIS AI

linkedin

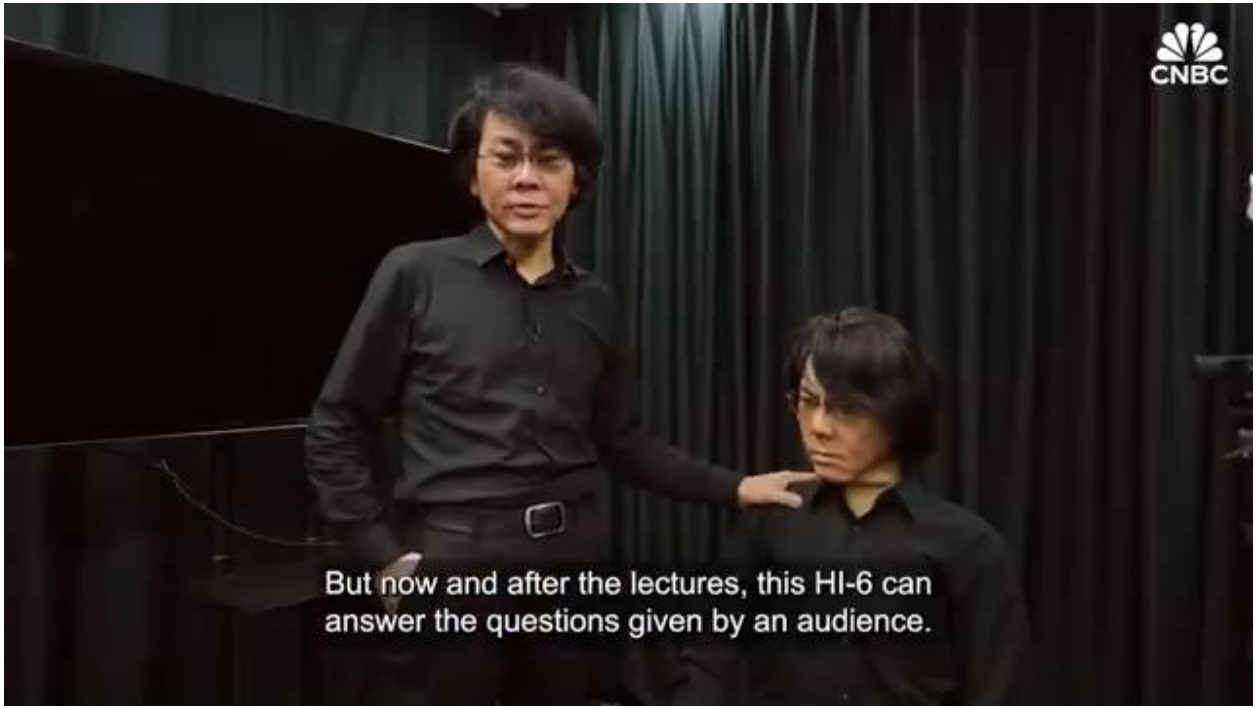
MARTIAL ARTS ROBOTS - DAZZLE AT 2026 SPRING FESTIVAL GALA

youtube.com

MENSCHLICHE GESICHTSZÜGE BEI ROBOTERN

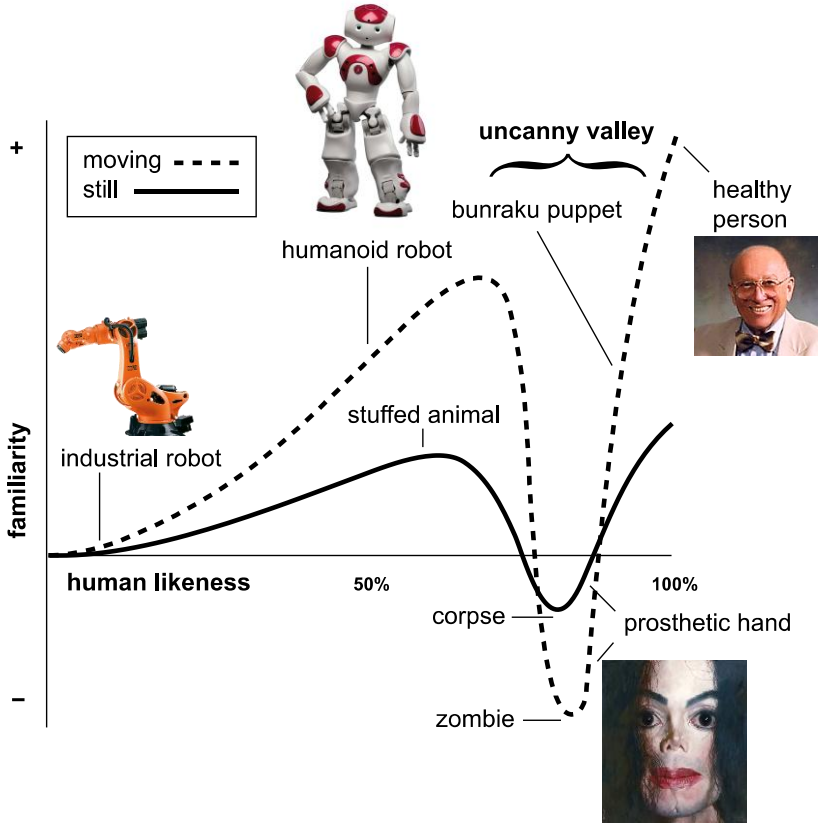
https://www.youtube.com/watch?v=pWTTzR_wXuQ

HIROSHI ISHIGURO: *„MY ROBOTIC DOPPELGÄNGER“*



http://www.bartneck.de/publications/2009/roboticDoppelgangerUncannyValley/figures/bartneck_fig4.jpg
https://www.youtube.com/watch?v=RfXZexRpic4

NEGATIVE WIRKUNG: DAS UNHEIMLICHE TAL
(UNCANNY VALLEY)



M. Mori, "The Uncanny Valley," Energy, *vol. 7, no. 4, pp. 33–35, 1970 (in Japanese).*

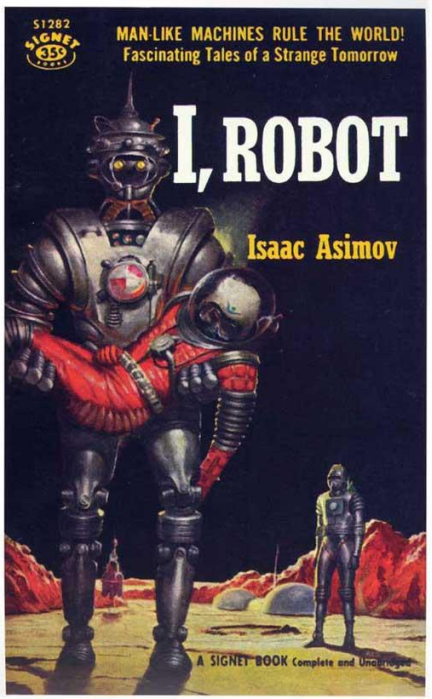
HUMANOIDE ROBOTER IN DER REALEN WELT

Quelle: Robot Fails Compilation 2025 (Versuchen Sie, nicht zu lachen!) - YouTube

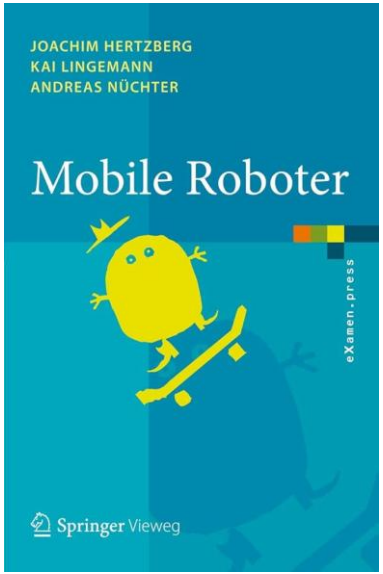
ROBOTERGESETZE NACH ISAAC ASIMOV

Drei Gesetze der Robotik:

1. ***Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zulassen, dass ein Mensch zu Schaden kommt.***
2. ***Ein Roboter muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle widersprechen dem ersten Gesetz.***
3. ***Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.***

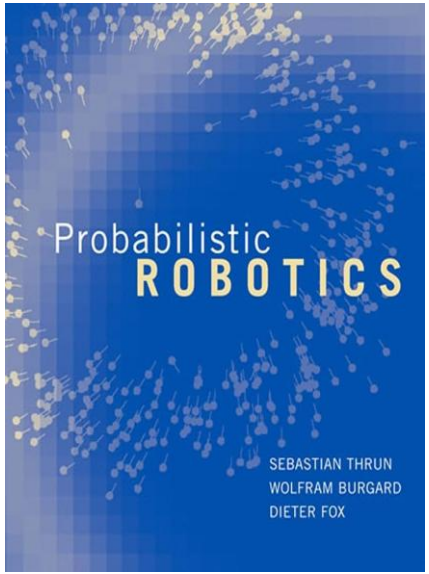


LITERATUR



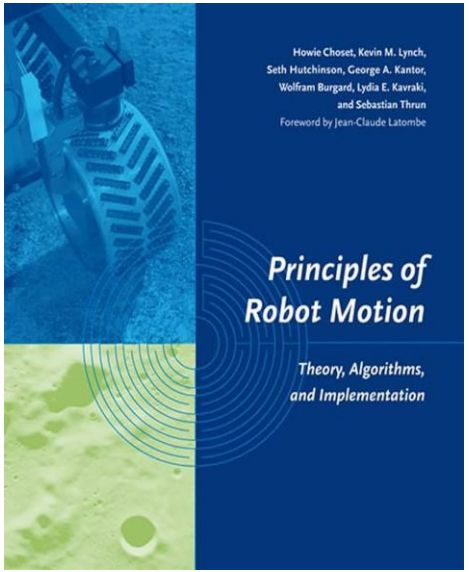
Hertzberg, Lindemann und Nüchter; Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht der Informatik; Springer-Vieweg, 2012.

Standardwerk adressiert an Studierende



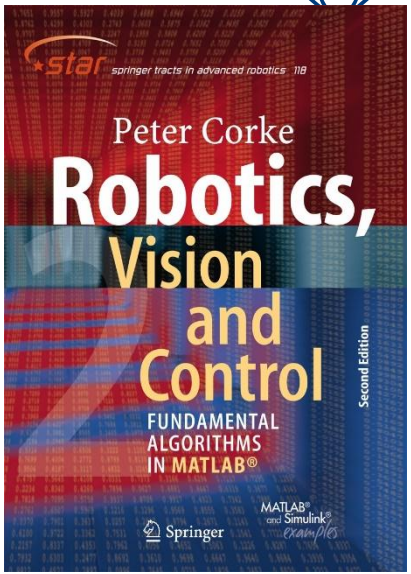
Thrun, Burgard und Fox; Probabilistic Robotics; MIT Press, 2005

Standardwerk, sehr umfangreich



Choset, Lynch, et al.; Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations; MIT Press, 2004

Standardwerk



Corke; Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB; Springer Tracts in Advanced Robotics, 2011;

Standardwerk