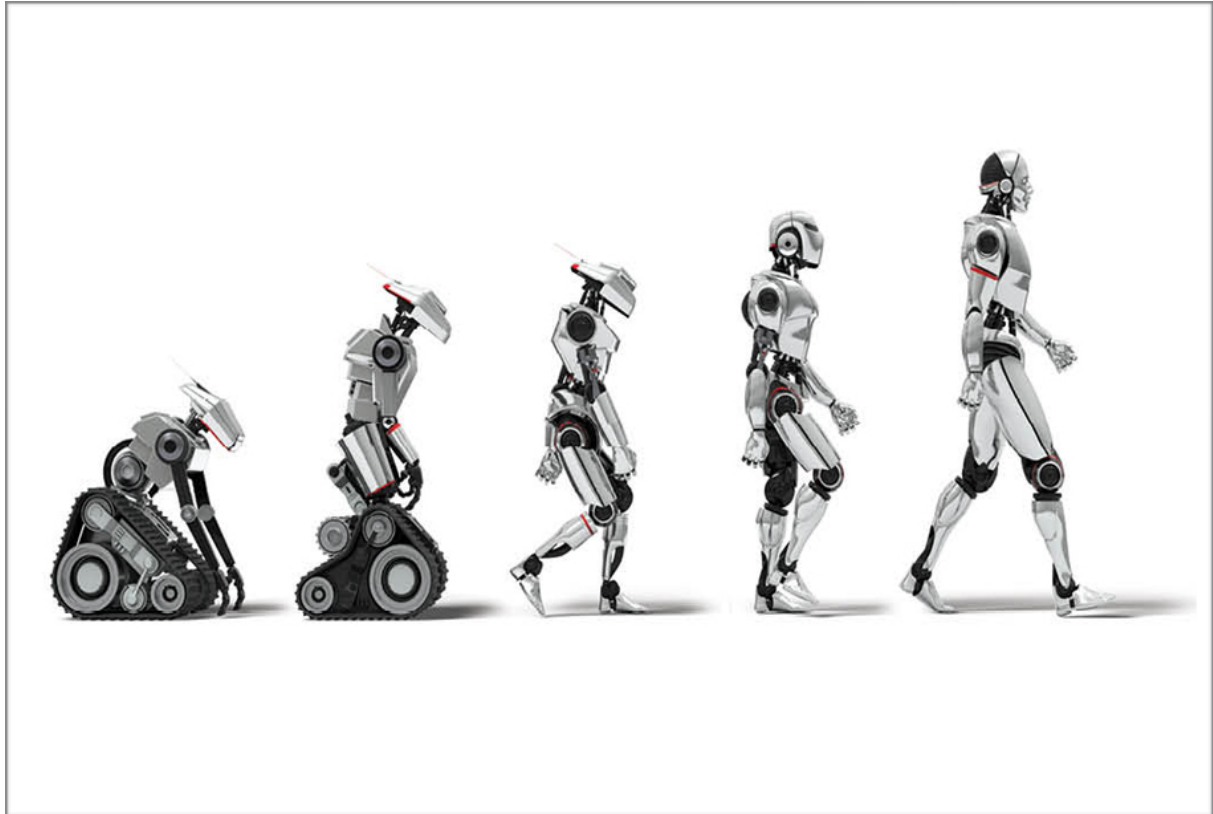


Robotik > Cobotik



Bernd Rößler - 2. Semester Computerlinguistik - SS17

Seminar: Ist künstliche Intelligenz gefährlich?

PD Dr. Ullrich Köche

Sommersemester 2017

@ Ruprechts-Karls-Universität Heidelberg - Informatik

Semesterarbeit

Robotik > Cobotik¹

Zusammenfassung:

Die vorliegende Arbeit betrachtet die Entwicklungen in der Robotik vor allem im Bereich der verstärkten Kollaboration zwischen Menschen und Robotern. Schwerpunkte liegen auf der Darstellung der kritischen Technologien und der Problematik, wie Mensch-Maschine-Kollaboration zu gestalten sind. Anschließend - da diese Arbeit im Rahmen eines Seminars über das Thema: “Ist Künstliche Intelligenz gefährlich?“ entstanden ist - werden Problemstellungen angesprochen, die sich hieraus für das Individuum und die Gesellschaft ergeben könnten.

Erklärung:

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Sowohl inhaltlich als auch wörtlich entnommene Inhalte wurden als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder vergleichbarer Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Heidelberg, den 28. August 2017

Bernd Rößler

¹ Cobotik: Kunstbegriff, der sich aus den Stammworten Collaboration und Robotik zusammensetzt

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	3
1. Einführung und Definitionen	4
1.1. Definition nach Robotic Industries Association (1979) (USA)	4
1.2. Definition nach VDI-Richtlinie 2860	4
2. Kerntechnologien der Robotik	5
2.1. Computing Power	5
2.2. BigData	5
2.3. Kommunikationsgeschwindigkeit	6
3. Kollaboration in der Mensch-Roboter-Interaktion (MRI)	7
3.1. Kollisionstypologie	8
3.2. Kontakt vs. Kollision	8
3.3. Kollisionshandhabung	9
4. Umsetzung: Das Franka Emika Projekt	9
5. Ausblick der MRI-Kollaboration-Entwicklung	11
6. Markt-Entwicklung	11
7. Gefahrenbereiche der Robotik/Cobotik	12
Literaturverzeichnis	14

1. Einführung und Definitionen

Der Begriff Robotik wurde 1921 von Karel Capek im Rahmen eines Science-Fiction Stückes R. U. R. (Rossum's Universal Robots) aus dem slawischen Begriff für (Zwangs-/Fron-) Arbeit heraus entwickelt. Neben der Verwendung in der Science-Fiction Welt (Literatur, Filme, Spiele) wurden über die Zeit Teilautomaten bzw. Gesamtsysteme entwickelt, die Aufgaben vor allem in der Produktion und Logistik übernommen haben und damit eine wesentliche Entwicklung in der (Industrie-)Automation darstellen. Zwei Definition zeigen diese Ebenen der Realisierung auf:

1.1. Definition nach Robotic Industries Association (1979) (USA)

„A robot is a reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks“²

„Ein Roboter ist ein programmierbares Mehrzweck-Handhabungsgerät für das Bewegen von Material, Werkstücken, Werkzeugen oder Spezialgeräten. Der frei programmierbare Bewegungsablauf macht ihn für verschiedenste Aufgaben einsetzbar.“³

1.2. Definition nach VDI-Richtlinie 2860

„Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d. h. ohne mechanischen bzw. menschlichen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.“⁴

Erweitert man diese ursprüngliche Definitionen über die humanoiden Funktionen bzw. Restriktionen hinaus, dann lassen sich viele weitere Robotik-Bereiche aufzählen: (Militär-)

² www.ria.org - Original document not available on site; reference to wikipedia.com/robotic

³ wikipedia: robotic translation - wikipedia.de/robotik

⁴ Weber, W. (2017), Seite 16

Drohnen, (Teil-) automatisierte Fahrzeuge, (Mikro-) Medizinroboter, um nur einige zu nennen. Im Weiteren werde ich mich auf humanoide Robotik/Roboter fokussieren.

2. Kerntechnologien der Robotik

Als Kerntechnologien der Robotik werden vor allem Mechanik, Elektrotechnik und Informatik genannt. Vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die Technologie in diesen Bereichen signifikant verändert, sodass zwei wesentliche Dimensionen sich jetzt realisieren lassen:

1. eigenständiges, komplexes und dynamisches Problemlösen durch Roboter mit zunehmender Nutzung von Künstliche Intelligenz und Sensoren.
2. direkte Zusammenarbeit von Robotern und Menschen ohne dass das Primat der Unverletzlichkeit des Menschen gefährdet ist.

Diese Veränderung in der Robotik werden durch bestimmte Technologieentwicklungen ermöglicht.⁵ Im Folgenden möchte ich drei Hauptbereiche kurz darstellen:

2.1. Computing Power

Robotik, die in der Lage ist Aufgaben mit höherer Komplexität zu verarbeiten, benötigt signifikante Computing Power, sowohl um die Datenmengen, die durch den Einsatz von Sensorik, als auch durch die Nutzung von Datenpools, die die Voraussetzung für Lernen und Weiterentwicklung im Rahmen von Künstliche-Intelligenz (KI) Algorithmen, verarbeiten zu können. Auch wenn Moore's Law in seiner Ursprungsdefinition an seine physikalisch Grenzen kommt, haben Entwicklungen in Computer-Topologien, Speicher- und Netzwerk-Technologien dahin geführt, dass zumindest in den nächsten 5-10 Jahren die notwendige Computing Power für die Entwicklung der Robotik nicht als limitierter Faktor gesehen wird.

2.2. Big Data

Das (eigenständige) Bearbeiten von zunehmend komplexeren Aufgaben durch Robotik erfordert einen immensen Datenpool, der aus historischen Daten, aber auch dynamischen Sensorinformation generiert wird. Die heutigen KI Algorithmen bedürfen noch einem sehr hohen Datenbestand um entsprechend annähernd fehlerfreie Lösungen zu lernen und

⁵ Butler, D. (2016): Ausschnitt aus Infographic - Thema: enablers

weiterzuentwickeln. Die Digitalisierung vieler Prozesse ermöglicht hier die Erstellung einer relevanten Datenbasis. Problematisch ist die momentane Oligopolisierung von Daten im Konsumentenbereich durch die „Big Eight“ (Google, Facebook, Amazon, Microsoft, Apple, Alibaba, Tencent, Baidu)⁶, aber auch durch dominierende Anbietern im Industriebereich, wie zum Beispiel GE, Siemens, ABB; im Telekommunikationsbereich, zum Beispiel Vodafone; nicht zu verschweigen der Militärbereich mit dem bekanntesten Beispiel der Drohnenkriegsführung.

2.3. Kommunikationsgeschwindigkeit

Eine wesentliche Verbesserung in der Robotik ist deren Möglichkeit der Kommunikation:

- nicht nur innerhalb eines Roboters (Intra-Operationalität), zum Beispiel unterschiedlicher Sensoren miteinander, diese Sensorfusion-Thematik ist ein gut finanziertes Thema in der Robotik-Anwendungsforschung;
- Robotersysteme untereinander um abgestimmtes Gesamtproblemlösungen einzelner „Roboterspezialisten“ zu ermöglichen (Inter-Operationalität) - in der Industrie werden diese Ansätze im Rahmen der Industrie 4.0 Aktivitäten entwickelt;
- sondern vor allen Dingen auch die Kommunikation mit ihrer Umwelt, hier mit besonderem Bezug auf Mensch-Roboter-Interaktion (MRI), die eine „Entlassung“ der Robotik aus ihrem heutigen oft statischen, vordefinierten und isolierten Einsatzbereich ermöglichen wird.

Diese drei Trends werden mit unterschiedlichen Daten unterlegt, ich habe hier eine Infographik aus Nature⁷ als Illustration angeführt. Es ist mir bewusst, dass man über solche Vorhersagedaten trefflich streiten kann, aber die aufgezeigten kritischen Erfolgsfaktoren und deren Entwicklung werden überwiegend ähnlich dargestellt.

⁶ Andrew Ng - Vortrag im Rahmen eines Stanford Graduate Business School Seminars, plus eigene Ergänzung von Apple - Zugang zum Vortrag: restricted

⁷ Butler, D. (2016): Ausschnitt aus Infographic - Thema: enablers

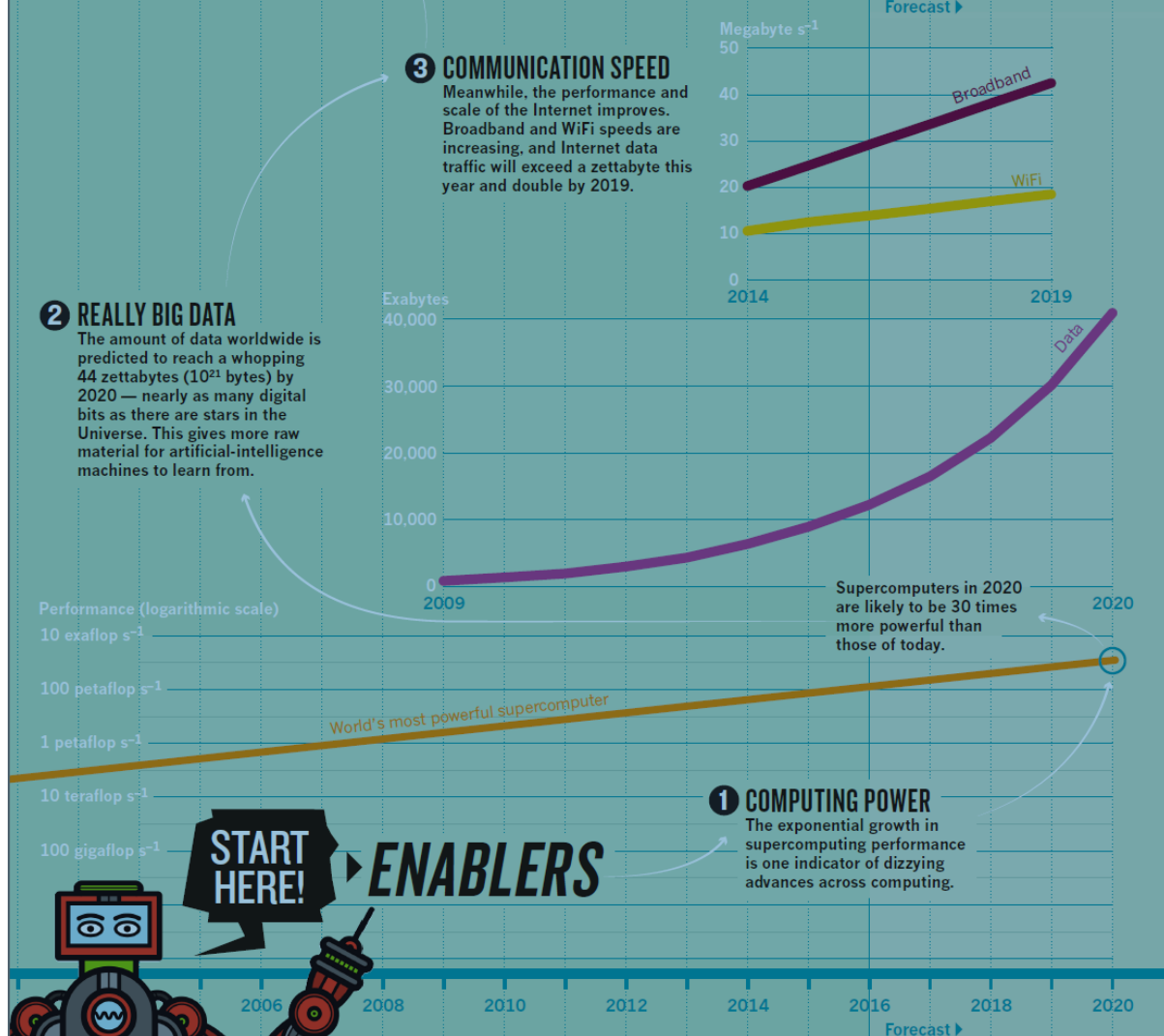


Abbildung 1: Technology-Enablers (Butler, D. (2016))

3. Kollaboration in der Mensch-Roboter-Interaktion (MRI)

Neben den notwendigen Technologieentwicklungen waren vor allem die Limitierungen im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktionen und hier speziell die Verletzungsgefahr der Menschen, die durch agierende Roboter verursacht werden können, ein wesentlicher Grund die Anwendung von Robotik in abgegrenzte Bereiche zu isolieren oder die Nutzung nur dann zuzulassen, wenn keine Menschen im Wirkungsbereich der Roboter waren. Die folgenden Überlegungen fokussieren auf Forschungen, die die physischen Gefahren der Anwendung von Robotik strukturieren, Lösungskonzepte entwickeln, aber auch Standardisierungen entwickeln, die es Anwendern ermöglichen Lösungen zu entwickeln und einzusetzen, ohne mit-agierende Menschen zu gefährden und damit für alle Parteien einen verbindlichen Rechtsrahmen zu setzen.

Die Grundkonzeption für eine Mensch-Roboter-Interaktion fußt auf dem Grundkonzept des Primats des Menschen und wurde durch Isaac Asimov⁸ in seinen Robotergesetzen (1942)

⁸ Asimov, I (1942)

publiziert. Nicht nur in der Science-Fiction Literatur, sondern zunehmend in anderen Forschungsbereichen wie Philosophie/Ethik, Technologiefolgenabschätzung oder der Ökonomie werden diese Gesetze, ihre Erweiterungen und ihre Probleme diskutiert⁹. Unabhängig von diesen Diskussionen soll die Grundkonzeption von Robotiklösungen sicherstellen, dass Menschen in dem Umfeld nicht zu Schaden kommen.

Am Beispiel der Arbeiten von Sami Haddadin¹⁰ und sein ForschungskollegInnen möchte ich kurz drei Konzepte zur Vermeidung von physischen Verletzungen durch Roboter aufzeigen.

Anmerkung: in der ursprünglichen Arbeit (Haddadin, S. (201x) ging es darum, Algorithmen zu entwickeln, die ohne zusätzliche Technologien, wie zum Beispiel erweiterte Sensorik oder neue Materialien auskommen können.

3.1. Kollisionstypologie

In Zusammenarbeit mit Medizinern wurden unterschiedliche Verletzung-Szenarien von Menschen durch Roboter analysiert und einer Verletzungstypologie entwickelt, die einerseits medizinische Grenzwerte, wie zum Beispiel Schmerz-Level, direkte und indirekte Kontakteffekten, aber auch relevante Anwendungsszenarien berücksichtigen. Zum anderen sind diese Analysen mit den entsprechenden Robotikdaten (3D Position, Beschleunigung, Einwirkkraft, u.a.) gekoppelt werden, sodass sich hieraus mögliche Vermeidungs- und Korrektur-Maßnahmen (Algorithmen) ableiten lassen.

3.2. Kontakt/Kollision

Im Rahmen der MRI ist es entscheidend, dass die Steuerung des Roboters in der Lage ist geplante Kontakte von unabsichtlichen Kollision zu unterscheiden. Haddadin, et. al. haben hierzu die Konzepte aus der Elektrotechnik (konkret: impedance and admittance) auf die mechanischen Anwendungsbereiche in der Robotik übertragen und operationale Matrix zur Bewegungssteuerung entwickelt. Diese Matrix, die die Grundfunktion darstellt, wird nun um Unteraufgaben erweitert, die Dimensionen wie physikalische Limitierungen (z. B. Gelenkfunktionen, Reichweite, Greifkraft), die geplanten Aufgaben, aber auch die gewünschten Funktionen der Kollision-Vermeidung oder -Handhabung repräsentiert. Durch

⁹ z.B. Clarke, R. (1993/1994)

¹⁰ Haddadin, S. (2011) und Haddadin, S. (2015), sowie die dort aufgeführten weiteren Studien und Autoren

eine Prioritätsbelegung in Verbindung mit der Interpretation entsprechender Sensordaten kann damit sichergestellt werden, dass eine Kollision entweder ganz vermieden wird oder die Verletzungsrisiken für den Menschen minimal sind. Dazu ist es wichtig die Informationen über Kollisionsrichtung (direkt, partiell) und Intensität der Kollision zeitnah zu erfassen und korrekt zu interpretieren (Beispiel: Rauschen oder Kollision).

In neueren Forschungen werden weitere Technologien aus der Sensor- und Materialforschung analysiert, um durch ihren Einsatz weitere Vorteile in Bezug auf Kollisionshandhabung zu erzielen. Im wesentlichen soll durch stärkere Analogie an die menschliche Physiologie (Haut/Skelett) und Neurologie (Schmerzerkennung) nicht nur in Bezug auf die Kollisionsproblematik, sondern auch bezüglich anderer Vorteile wie z.B. bessere taktile Fähigkeiten¹¹. Roboter-,safety‘ (inklusive -,security‘) entwickelt - nicht nur in Deutschland - zu einem Kernbereich der Forschung¹².

3.3. Kollisionshandhabung

Unter der Voraussetzung, dass eine Kollision schnell und richtig identifiziert wird, ist im Weiteren eine entsprechende Kollisionshandhabung zu kodifizieren. Die Arbeiten zum Thema Verletzungstypologie haben gezeigt, dass eine „Robot-Stopp“-Funktion oder eine Rückführung zu einem Status von t – n die Auswirkungen einer Kollision noch verschlechtern können - man denke an Kollisionen, die einen Menschen zwischen Roboter und einem anderen Objekt einschließen (z.B. Fixierung durch Stopp-Befehl) oder an eine erneute Kollision bei einem Positions-Rückführung-Befehl (z.B. durch erneutes Überrollen).

4. Umsetzung: Das Franka Emika¹³ Projekt

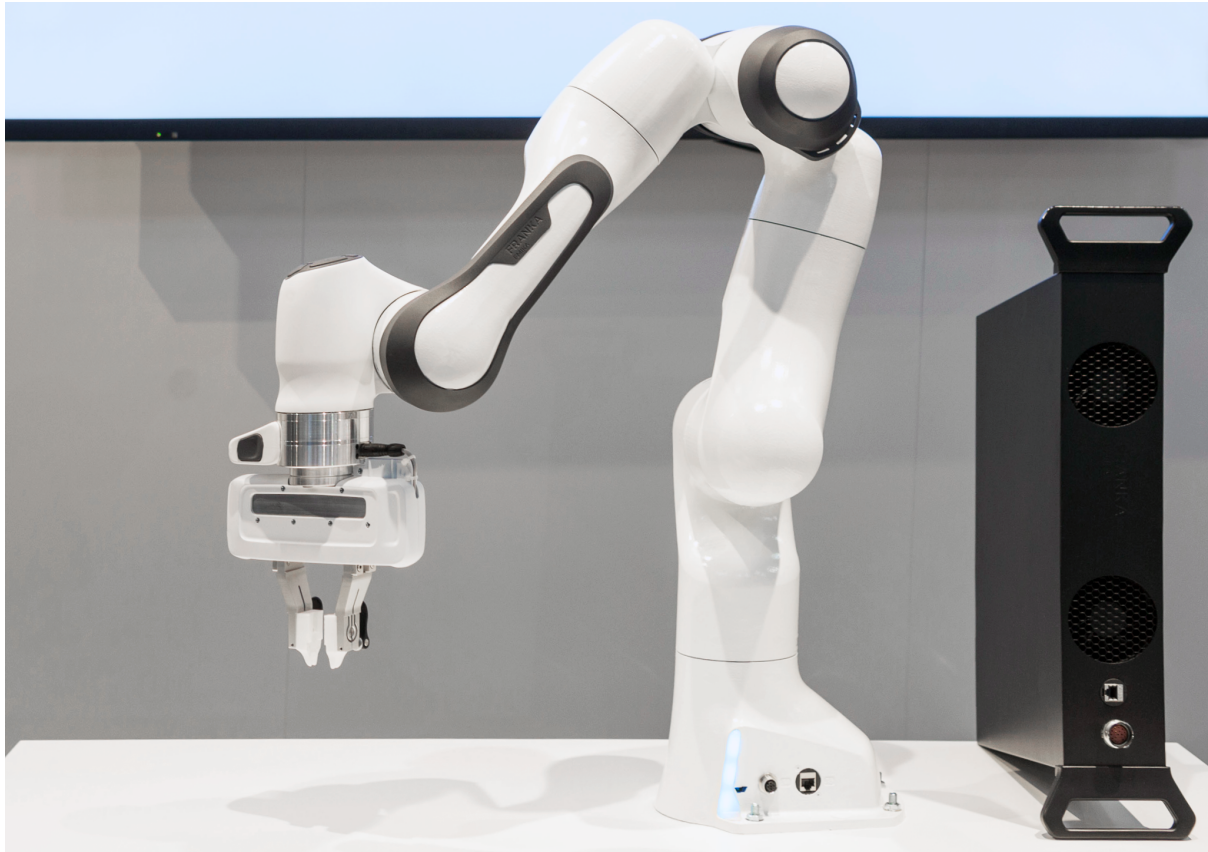
Mit diesen geschaffenen Grundlagen der Kontrollalgorithmen hat Haddadin, u.a. ein kommerzielles Robotikprojekt namens Franka Emika gegründet. Hier wurden die aufgezeigten Entwicklungen zur Sicherheit in kooperativen Mensch-Maschine-Interaktionen anhand eines Roboterarms implementiert. Neben den realisierten Prioritäten der Kollisionssicherheit wurden die Algorithmen so ergänzt, dass ein Lernmodus den Roboterarm

¹¹ Kuehn, J., Haddadin, S. (2017)

¹²Amoder, D.; Olah, C.; et.al. (2016)

¹³ www.franka.de - Research Versionen werden geliefert; Industrie Vorbestellungen möglich

durch manuelle Führung in neue Bewegungsabläufe einführt. Darüber hinaus gibt es weitere Differenzierungsangebote gegenüber anderen Roboterlösungen (z.B. KUKA) wie Preis-/Leistungsrelation, Lernen von intra- und inter-operationaler Lösungen und Anpassungen.



5. Ausblick der MRI-Kollaboration-Entwicklung

Die Realisierung der sicheren Mensch-Maschinen-Interaktion ermöglicht einerseits eine signifikante Erweiterung des Einsatzgebietes von Robotik in unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie der Produktion, Logistik, Serviceindustrie, Medizin, aber auch der Unterhaltung. Das Beispiel Franka Emika ist momentan auf die Funktion eines Armes beschränkt, aber andere Forschungsprojekte, wie zum Beispiel Eliza des DFKI¹⁴, übertragen die gezeigten Entwicklungen in der Kollisionsvermeidung auf komplexere Systeme - wie zum Beispiel auf einen humanoiden Roboter.

Darüber hinaus wird das "Roboter-Soccer-Projekt" verfolgt. Der Unterschied und damit eine sehr spannende Fragestellung ist hier Algorithmen zu schaffen, die nicht nur auf Basis des Primats der Kollisionsvermeidung bestehen, sondern wie Mensch-Maschinen-Interaktionen in einem kompetitiven und komplexen Umfeld zu regeln. Das Ziel ist, dass eine aus Robotern bestehende Mannschaft spätestens 2050 in der Lage ist, die beste Mannschaft der Welt in einem Spiel zu schlagen.

6. Markt-Entwicklung

Mit der Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Robotik steigt natürlich auch der Automatisierungsgrad, sprich der Einsatz von Roboter anstelle von Menschen. Die unterschiedlichen Analysen zeigen folgende Trends:

1. Verdoppelung der Stückzahl bei entsprechender Zunahme des Marktvolumens von ca. 60 % im Zeitraum von 2015-2020¹⁵.
2. Das Wachstum findet annähernd gleich in allen Anwendungsindustrien statt.¹⁶
3. Interessantes die Tatsache, dass das Wachstum in Asien signifikant höher als in Europa oder Amerika vorhergesagt wird. Das dürfte nicht nur zulasten der dort existierenden Niedriglohnproduktion gehen, sondern auch aufgrund der strategischen

¹⁴ <http://robotik.dfki-bremen.de> - zitiert nach Vortrag von Pro. Frank Kirchner - Uni Mainz - 170603

¹⁵ WEF (2016)

¹⁶Butler, D. (2016): Ausschnitt aus Infographic - Thema: market development

Entscheidung Chinas, in diese Technologie zu investieren, um hier eine globale Marktführerschaft zu entwickeln, bedingt sein.¹⁷

Durch die gesellschaftliche Entwicklung der Digitalisierung und Globalisierung hat sich eine positive Grundhaltung in den meisten (Industrie-) Gesellschaften entwickelt. Als Indikator kann unter anderem die diesjährige Industriemesse in Hannover dienen, bei der die Thematik Industrie 4.0 mit dem Leitmotiv Cobotik, also einem Kunstbegriff, der sich aus den Stammwörtern Collaboration und Robotik zusammensetzt. Die Automatisierungspotenziale der Cobotik selbst von den Arbeitnehmervertretern, wie Gewerkschaften und Sozialverbänden überwiegend positiv gesehen.

7. Gefahrenbereiche der Robotik / Cobotik

Im Gegensatz zu früheren Transformationen der Arbeit durch neue Technologien gibt es momentan kaum Widerstand im Sinne der „Maschinenstürmer“-Argumente. Jedoch zeigen vermehrt Studien, dass durch die verstärkte Einführung von Robotik/Cobotik signifikante Arbeitsplatzverluste zu erwarten sind. Besonders schwerwiegend ist es, dass nicht nur Nettoverluste von Arbeitsplätzen stattfinden, sondern auch Veränderungen in der Qualifikation - also, dass zunehmend eine strukturelle Arbeitslosigkeit durch das Fehlen von weniger qualifizierten Arbeitsplätzen stattfinden wird - siehe folgende Abbildung (WEF (2016)):

Net employment outlook by job family, 2015–2020
Employees (thousands, all focus countries)



Neben dem World Economic Forum Analyse gibt es zu dieser Problematik vielfältige Forschungsergebnisse, Analysen und Vorhersagen - ich möchte hier noch die Arbeiten des McKinsey Global Institutes¹⁸ erwähnen.

Persönlich halte ich die Auswirkungen auf die Wirtschaft und Gesellschaft für ein kurz- und mittelfristig größeres realpolitisches Problem als die „Singularitäts“-Diskussion der künstlichen Intelligenz, da mit zunehmender Arbeitslosigkeit, die sozialen und politischen Konflikte - z.B. die Radikalisierung - zunehmen wird.

Mitigationsstrategien, die in diesem Zusammenhang immer stärker in den Fokus rücken, sind:

- die Besteuerung des durch Roboter erzeugten Mehrwertes oder
- die Etablierung eines Grund- oder Basiseinkommens (welches zum Beispiel durch eine Besteuerung von Robotertätigkeiten/-wertschätzung finanzierbar wäre).

Neben diesen wirtschafts- und sozialpolitischen Problemen wurden innerhalb des Seminars von PD Dr. Köthe auch die vielfältigen ethischen Probleme und möglicher Lösungen angesprochen, die ich in dieser Arbeit jetzt nicht weiter ausgeführt habe. Trotzdem halte ich die cross-funktionale Diskussion von Themen wie KI und Robotik Anbetracht einer ‚schleichenden‘ Implementierung für sehr wichtig, da bei der heutigen Beschleunigung und Komplexität ansonsten ‚points-of-no-return‘ überschritten werden können.

¹⁸MGI (2017)

Literaturverzeichnis:

- Amodei D.; Olah, C.; et.al. (2016):** Amodei, Dario; Olah, Chris; Steinhardt, Jacob; Christiano, Paul; Schulman, John; Mané, Dan - Concrete Problems in AI Safety in: arXiv.org> cs > arXiv:1606.06565 - 2016-07-25 v2
- Asimov, I. (1942):** Asimov, Isaac - erste Formulierung in der Kurzgeschichte: Runaround in: Astounding Magazine bzw. The Caves Of Steel, p. 177-179, beide 1942
- Butler, D. (2016):** Butler, Declan - A world where everyone has a robot: why 2040 could blow your mind - in: Nature News - Nature, Volume: 530, Issue: 7591, Date: 24.02.2016
- Clarke, R. (1993, 1994):** Clarke, Roger - Asimov's Laws for Robotics: Implications for Information Technology; Part 1 in: Computer, December 1993, pp. 53-61 and Part 2 in: Computer, January 1994, pp.57-65.
- Haddadin, S. (2011):** Haddadin, Sami - Towards Safe Robots: Approaching Asimov's 1st Law - Dissertation RWTH Aachen - 2011
- Haddadin, S. (2015):** - Physical Safety in Robots; in: Drechsler, Rolf; Kühne, Ulrich (Editors), Formal Modeling and Verifications of Cyber-Physical Systems; pp 249-270
- Kuehn, J.; Haddadin, S. (2017):** Kuehn, Johannes; Haddadin, Sami - An Artificial Robot Nervous System To Teach Robots How To Feel Pain And Reflexively React To Potentially Damaging Contacts - in: IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, VOL. 2, NO. 1, JANUARY 2017
- MGI (2016):** McKinsey Global Institute: Manyika, James; Chui, Michael; Miremadi, Mehdi; Bughin, Jacques; George, Katy; Willmott, Paul; Dewhurst, Martin - Report: A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity - 2017
- Weber, W. (2017):** Weber, Wolfgang - Industrieroboter - Hanser, 3. Auflage 2017
- WEF (2016):** World Economic Forum - The Future of Jobs, Executive Summary - January 2016
- WWW:** Angabe der direkten links