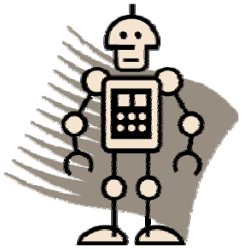
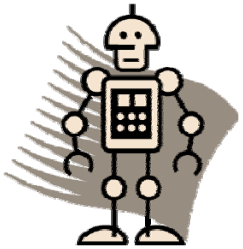


- 1. März 2012 Nevada
- 18. April 2012 Florida
- 25. September 2012 Kalifornien

Autonome Fahrzeuge im Straßenverkehr zugelassen

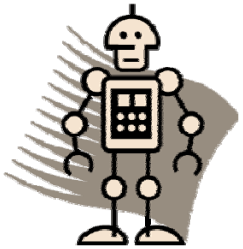
Beifahrer mit Führerschein notwendig



Serviceroboter

Ingo Boersch
University of Applied Sciences
FH Brandenburg

Serviceroboter



<u>Ein Serviceroboter</u>

- ist eine **freiprogrammierbare Bewegungseinrichtung**, die teil- oder voll**automatisch Dienstleistungen** verrichtet

=> fließender Übergang zu Industrierobotern und Manipulatoren

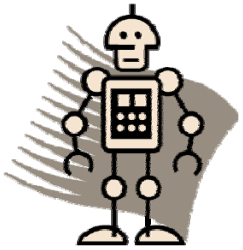
<u>Dienstleistungen</u>

- sind Tätigkeiten, die nicht der direkten industriellen Erzeugung von Sachgütern, sondern der **Verrichtung von Leistungen für Mensch und Einrichtungen** dienen

- [Definitionen vom Frauenhofer IPA]

Autonomie

autos: Selbst, nomos: Gesetz,
„sich selbst Gesetze gebend, Eigengesetzlichkeit“

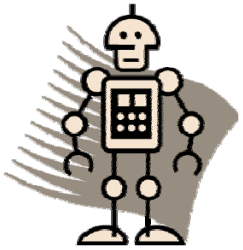


- **<u>Automatik, automatische Systeme:</u>**
  - Reaktion auf Umweltreize (z.B. Linie folgen, Kaffee auswerfen)
  - Art und Weise der Reaktion explizit extern bestimmt
  - Reaktive Roboter, Automaten

- **<u>Autonome Systeme</u> (starke Autonomie)**
  - eigene Erfahrungen bestimmen das Handeln des Systems
  - Entwicklung und Anpassung eigener Regeln und Strategien
  - Aneignen von Kompetenz während der Interaktion mit der Umwelt

  - →maschinelles Lernen
  - → in ihrem Verhalten nicht vollständig vorhersagbar (‚eigene Motivation‘, selbstvorgegebene Ziele), entscheidungsfrei
  - nur indirekt steuerbar über Interaktion, freier Wille
  - z.B. biologische Systeme, ArtificialLife

- Nach Luc Steels, 1994: *When are robots intelligent autonomous agents?*

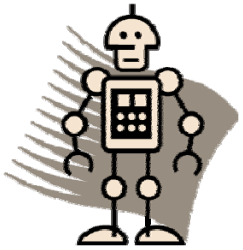


Automatik — Autonomie

Überwachte Autonomie
(engl. supervised autonomy)

- Wollen wir Roboter mit starker Autonomie?

Teilautonomie
Autonomie vs. Befehlsempfang?



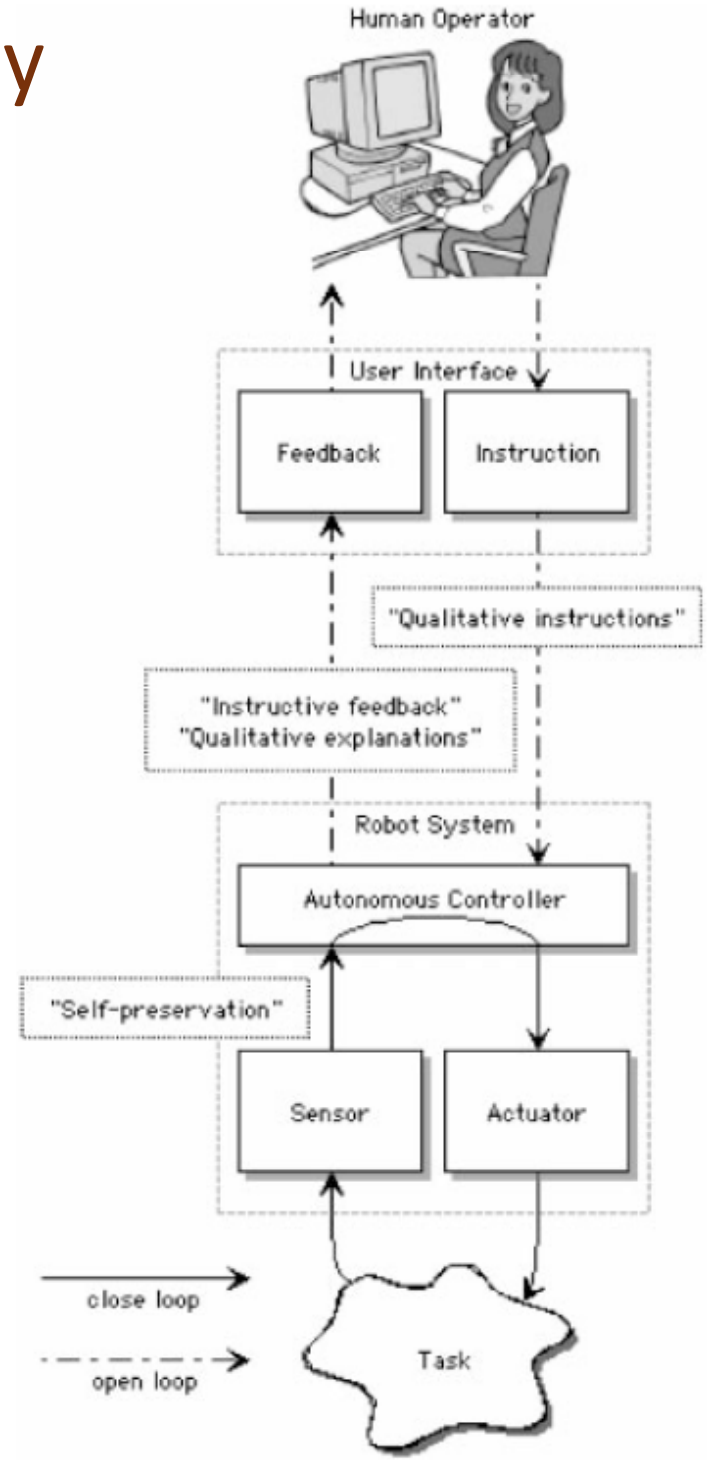
- **Autonomie in der Servicerobotik:**
  - Schwache Autonomie, Teilautonomie: Selbständigkeit, Unabhängigkeit
  - Eigenständiges Handeln im Rahmen extern vorgegebener Ziele => Steuerbarkeit über abstrakte Ziele: Paket abholen, Besucher begrüßen, Person bergen
  - Außerhalb der Zielsetzung inaktiv und auf Steuerung von außen angewiesen

- Wozu überhaupt Autonomie, was ist das Ziel?

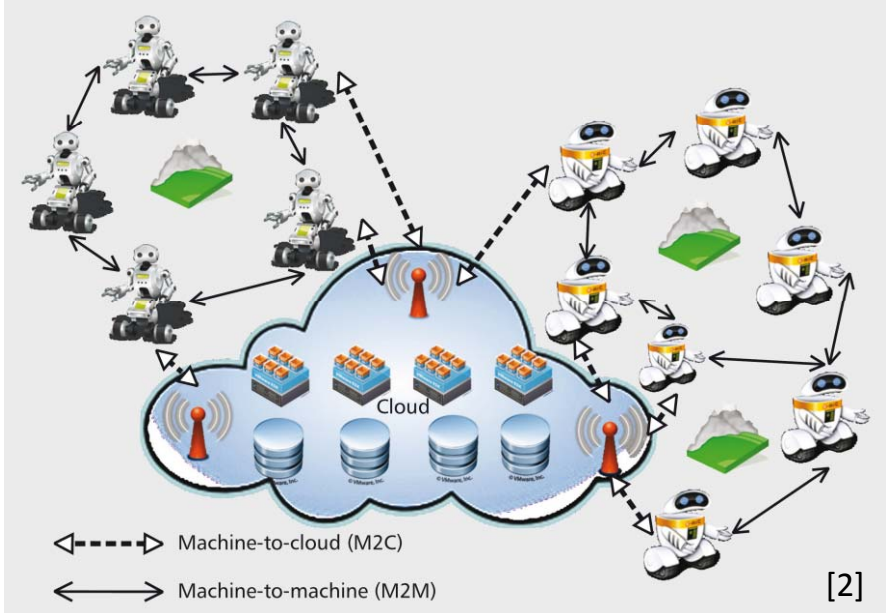
Ziel: Anheben des Abstraktionsniveaus =>
Entlastung der steuernden Person

Supervised Autonomy

- CHENG G., *ZELINSKY A.:* **Supervised Autonomy: A Framework for Human-Robot Systems Development**, Autonomous Robots 10, Kluwer Academic Publishers. 2001



Cloud Robotics



[2]

Zunehmende Vernetzung

- ***Stigmergie*** über Umwelt
- ***Schwarm***: Wahrnehmung anderer Individuen
- ***Cloud Robotics***: (Funk)-Verbindung von Robotern mit der „Cloud“, Borg, Skynet

Cloud Robotics, gemeinsame Ressourcen:

- ***Rechenleistung***, Intelligenz
- ***Wahrnehmung, Wissen*** (Weltmodell, RoboEarth, Lernen)
- ***Aktionen*** (Fahrstuhl, Beobachtungsdrohne)

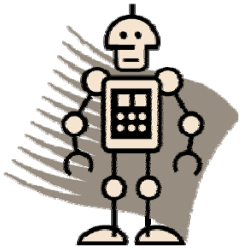
→ Roboter werden billiger, kleiner, haben mehr intelligente Fähigkeiten, höhere Verfügbarkeit

- Nachteil: Abhängigkeit von Latenz, Bandbreite, Verfügbarkeit der Cloud-Verbindung
- OpenSource-Basis: bspw. ***ROS*** (Robot Operating System)

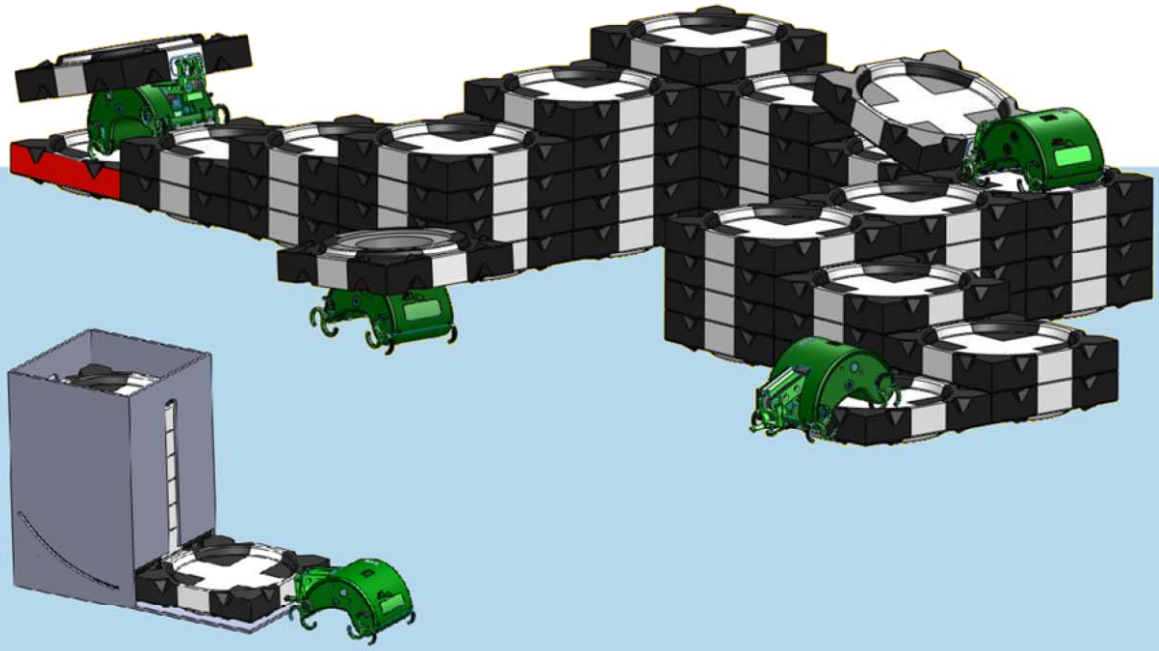
[1] M. Strehse, ***Cloud Robotics und Robocloud***, Vortrag 19. NKIF BREMERHAVEN 15.05.2014, Projektbericht Masterprojekt „Künstliche Intelligenz“, FH Brandenburg

[2] G. Hu, et al., ***Cloud Robotics: Architecture, Challenges and Applications***, IEEE Network, May 2012

Stigmergie-Beispiel TERMES: Robotertermiten als Bauhelfer



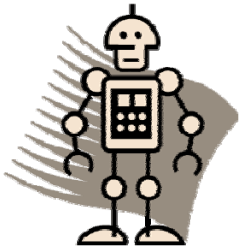
- **Stigmergie** := (asynchrone) Kommunikation über gemeinsame Umwelt
- Dezentrale Robotersteuerung nach dem Vorbild von Insekten
- Bau von Hochhäusern, abgelegenen Forschungsstationen ...



[1] Kirstin Petersen, Radhika Nagpal, Justin Werfel: ***TERMES: An Autonomous Robotic System for Three-Dimensional Collective Construction***, Robotics: Science and Systems Conference (RSS), 2011

Levels of Autonomy

Militärische Sicht, Kurzform



Level 1 (Manual Operation) - Fernsteuerung

- The human operator directs and controls all mission functions.
- The vehicle still flies autonomously.

Level 2 (Management by Consent) - Erlaubnis

- The system automatically **recommends** actions for selected functions.
- The system **prompts** the operator at key points for **information** or **decisions**.
- Today's autonomous vehicles operate at this level.

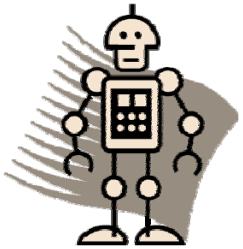
Level 3 (Management by Exception) - Eskalation

- The system automatically executes mission-related functions when response times are too **short** for operator intervention.
- The operator is alerted to function progress.
- The operator may **override** or alter parameters and **cancel** or redirect actions **within** defined time lines.
- Exceptions are brought **to the operator's attention** for decisions.

Level 4 (Fully Autonomous)

- The system automatically executes mission-related functions when response times are too short for operator intervention.
- The operator is alerted to function progress.

AUTONOMOUS VEHICLES IN SUPPORT OF NAVAL OPERATIONS, 2005

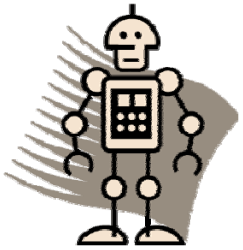


- Bisher Kontroll-Autonomie,

- Aber es gibt auch andere Arten der Autonomie:
  z.B. Energie-Autonomie

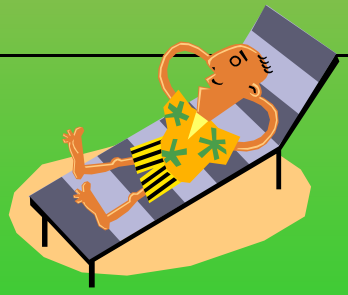
Energieautonomie

mobile Systeme, sortiert nach zunehmender Autonomie



Prinzip	Beispiel	Hilfestellung
Batterie, Wechselakku	Modellauto	Herstellen/Laden und [Wechseln] des Energieträgers
Brennstoffe	Auto, Brennstoffzelle	Herstellen und betanken
Akku im Gerät	Handy, Pioneerroboter	Anschließen an Ladestation
Docking-Robot	Rasenmäher, Staubsauger, Pioneer	Bereitstellen der Ladestation mit Energieanschluß
Nahrungsaufnahme, (~Tier)	Gastrobot, Biene, EATR, SlugBot	Auslegen von Zuckerwürfeln, Schnecken
Solarenergie (~Pflanze)	Helios-Flugzeug, Symet	
Solarbetriebene Tiere	Schlundsackschnecke, grüne Pantoffeltierchen	

autonomer



HELIOS

- Leichtflugzeuge als Satellitenersatz
- NASA + Fa. Aero Vironment
- Unbemannt
- Solar- u Brennstoffzellen
- Spannweite 75 m, 66000 Solarzellen
- 30 km, ½ Jahr
- Erster Start 13.08.2001

Solar Impulse 2013

Ziel: „Fly for ever“

1 Pilot, Spannweite 63m

Mai 2013: André Borschberg,
1541 km
Längster Flug eines Solarflugzeugs

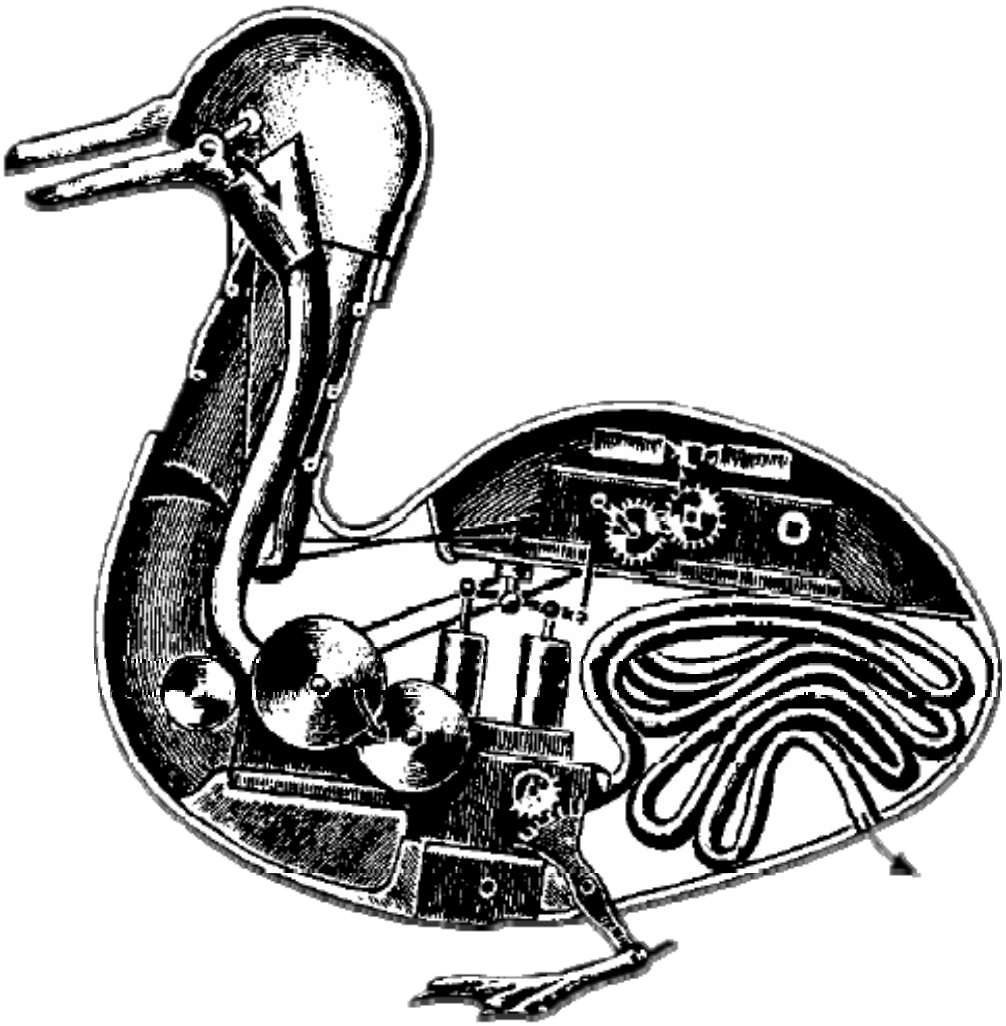
Energie durch Nahrungssaufnahme?

Historisches Beispiel

"The Duck stretches out its Neck to take Corn out of your Hand; it swallows it, digests it, and discharges it digested by the usual Passage"

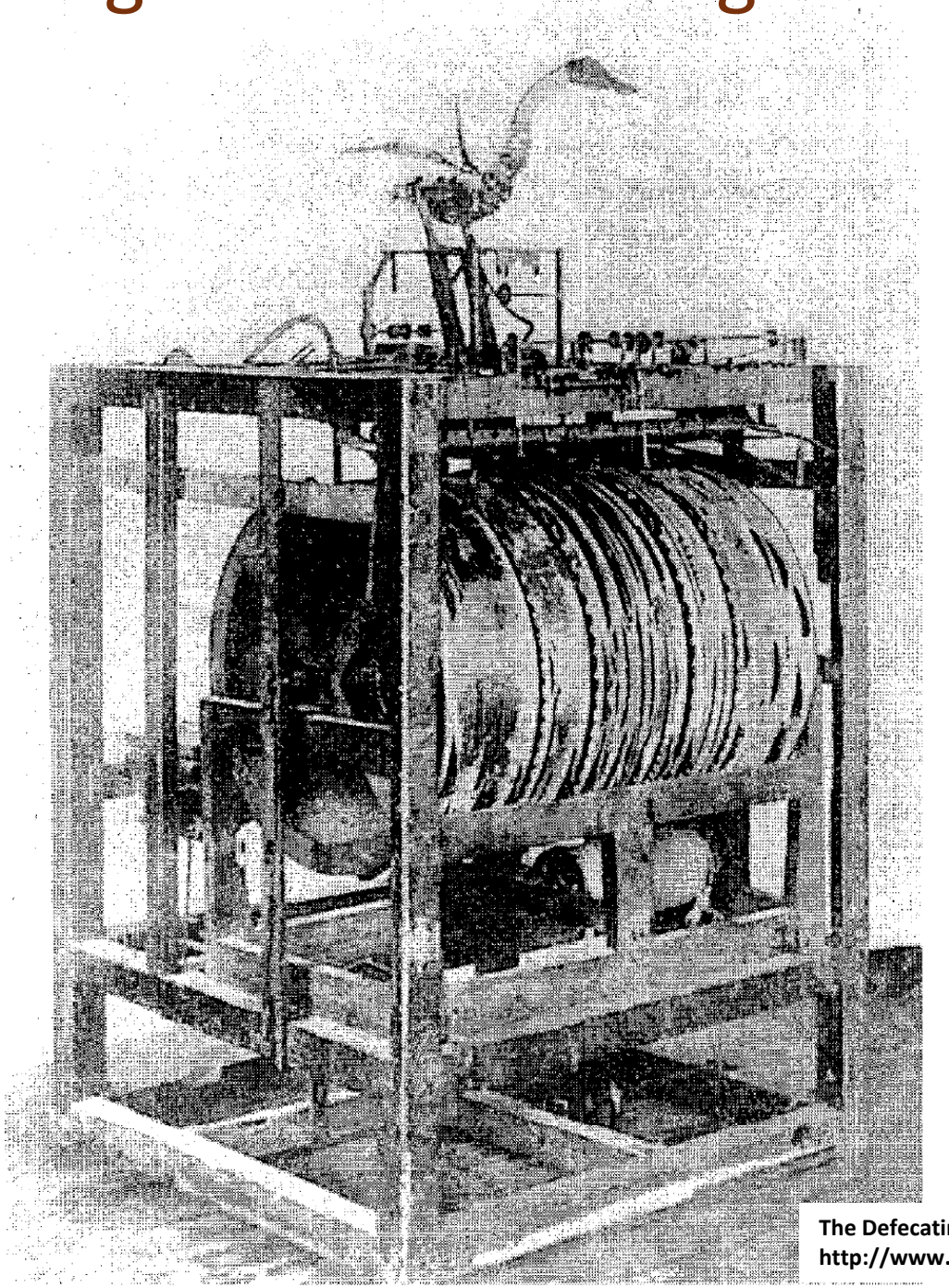
Jacques de Vaucanson, 1738

So stellt man sich das Innenleben der Mechanical Duck des Jaques de Vaucanson vor:



The Defecating Duck, or, the Ambiguous Origins of Artificial Life; Jessica Riskin, http://www.stanford.edu/dept/HPST/DefecatingDuck.pdf

Energie durch Nahrungssaufnahme?



Realität
vermutlich so

Nahrungsaufnahme
nur simuliert

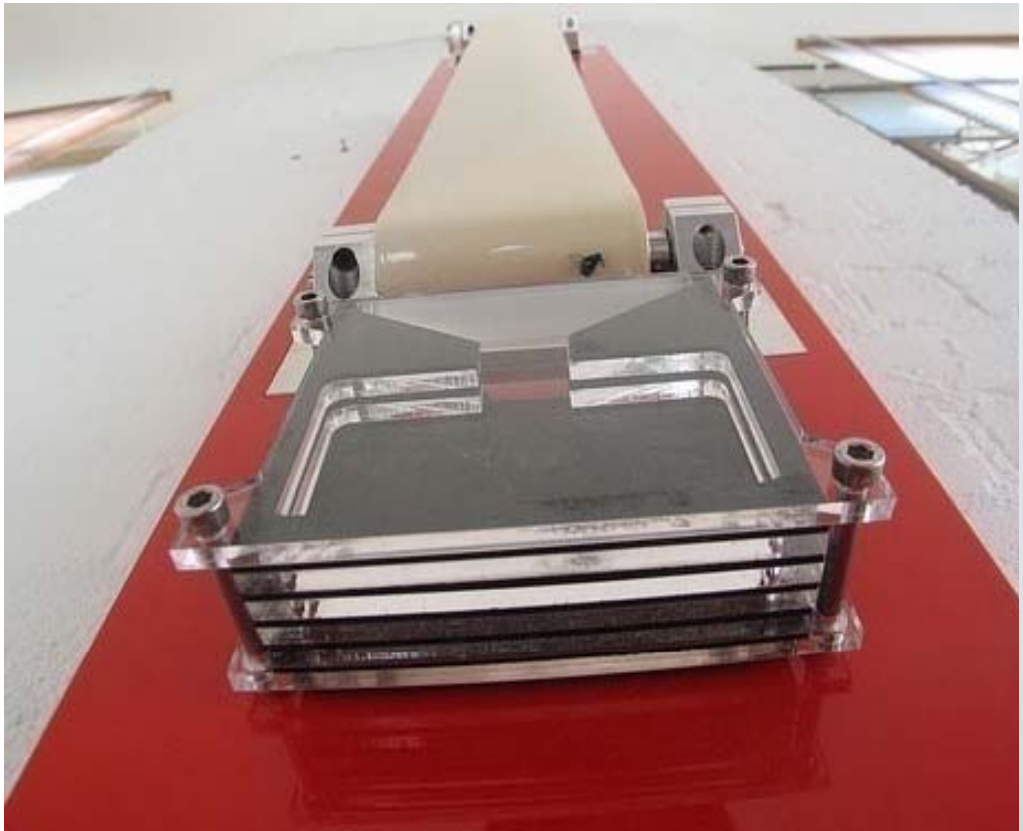
The Defecating Duck, or, the Ambiguous Origins of Artificial Life Jessica Riskin, http://www.stanford.edu/dept/HPST/DefecatingDuck.pdf

Energie durch Nahrungssaufnahme?

Räuberische Haushaltsroboter

- if robots are ever to be welcomed into people's homes, they'll need to fit in with the rest of the furniture, and earn their keep.
  .. trap and digest pests like flies and mice to gain energy.

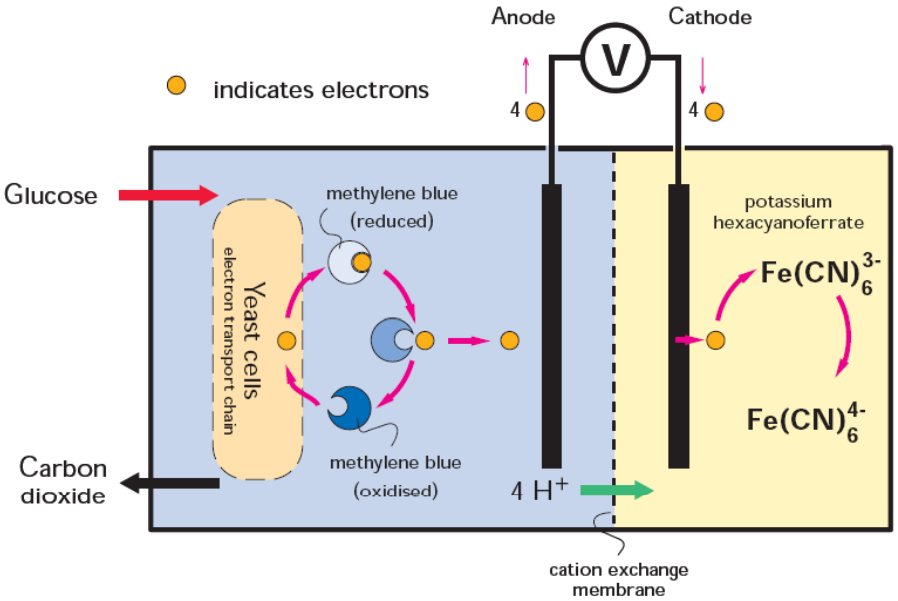
Designstudie von Auger-loizeau and Alex Zivanovic



Energieerzeugung durch Mikroorganismen

Gastrobot Chew-Chew

- University of South Florida
- Energiequelle: Zuckerwürfel



Mikrobiologische Brennstoffzelle

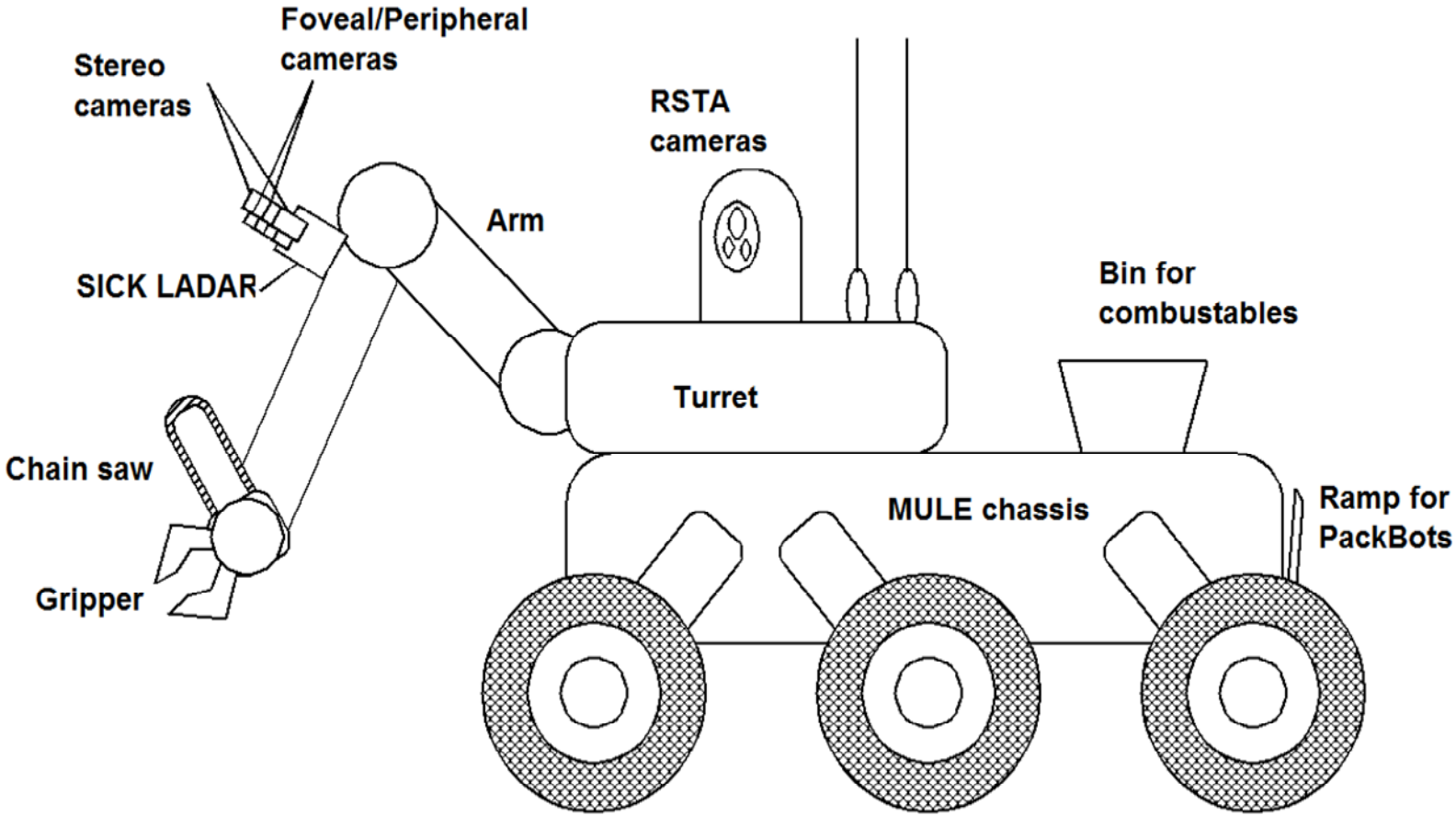
- Biosphere für Yeast = **Hefe**
- 0.4 - 0.6 V and 3 - 50 mA
- verfügbar als Brennstoffzelle (£53)
- vegetarisch

Electricity generation by microorganisms
H P Bennetto, Biotechnology Education (1990) online

EATR

ENERGETICALLY AUTONOMOUS TACTICAL ROBOT (DARPA)

- Projekt Robotic Technology Inc (Washington DC) + DARPA, 2003-09
- Idee : Biomasse in der Umgebung finden, aufnehmen und Energie daraus gewinnen.



http://www.roboticstechnologyinc.com/

DARPA = Defense Advanced Research Projects Agency

Energiedichte

- Consider 1 mg for power source

Source	Energy Content (mW-hr)
Chemical Battery (Li-ion)	0.3
Fuel Cell (methanol, 50%)	3
210-Po (5% - 4 years)	3000
3-H (5% - 4 years)	500

Tab. by Jake Blanchard, 2002

RTG, Isotopenbatterie, Atombatterie

radioisotope thermoelectric generator

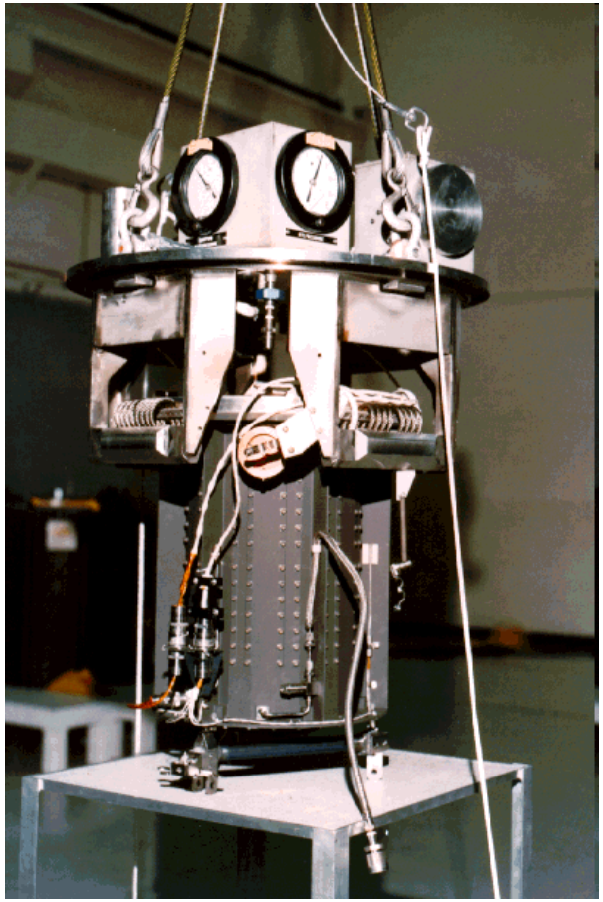
Funktionsprinzip

- Radioaktivität ➔ Wärme ➔* elektrische Energie

- Einfach
- Lange Laufzeit
- Wartungsfrei, Nachfüllen nicht nötig
- NT: Mindestgröße, Entsorgung

Anwendungsbeispiele

- Leuchttürme am Polarkreis (UdSSR)
- Sonnenferne Raumsonden, wie Voyager (USA), Apollo
- Marsroboter Curiosity, Start Herbst 2011



Radioisotopengenerator einer Voyagersonde, Wikipedia

*Seebeck-Effekt

Womit wird der Marsroboter Curiosity angetrieben?

Landung 6. August 2012

- RTG Plutoniumdioxid
- 110 W elektr. Leistung
- 2000 W Heizung

Ashwin Vasavada (Mars Science Laboratory, NASA) mit einem Modell des RTG in halber Größe

JPLNews, Building Curiosity: Mars Rover Power, , http://www.youtube.com/watch?v=fBtXnug-rgM, 2011

Nukleare Mikrobatterien

Radioactive Micro-Electro-Mechanical Systems based piezoelectric generator

Funktionsprinzip

- Radioaktivität →Ladung →Abstoßung →Hebelbewegung →Piezoelement →elektrische Energie
- Amit Lal, Cornell University (NY), 2004
- DARPA-Projekt: Hybrid Insect Micro-Electro-Mechanical Systems (HI-MEMS)

- Lange Laufzeit (Jahre)
- Wartungsfrei
- Klein, Leicht

Amit Lal and Jake Blanchard, "The Daintiest Dynamos," IEEE Spectrum, September 2004, 36.

Anwendungsbeispiele (geplant)

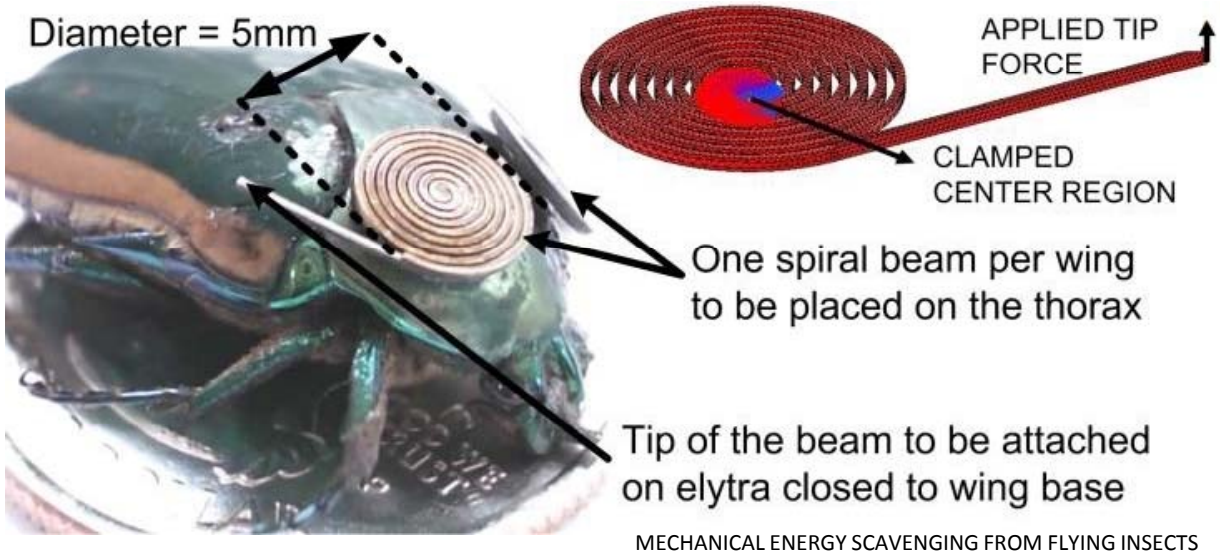
- Langzeitbetrieb von Funkempfängern auf Insekten
- Langzeit-Sensorik im Gelände

Energiegewinnung aus hochfrequenten Körperbewegungen fliegender Insekten

Funktionsprinzip:

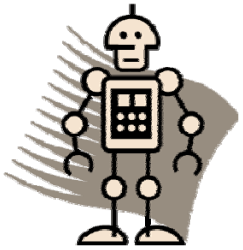
- Flügelbewegung →Piezoelement →elektrische Energie
- University of Michigan, Ann Arbor, 2008
- Spiraliges Piezoelement pro Flügel
- 50-100 Mikrowatt/Flügel

"Placement of one coil design per wing can provide a total output >100 mikroW, which is greater than the worst case average power consumption (80 mikroW) of the wing muscle neural stimulator .."



MECHANICAL ENERGY SCAVENGING FROM FLYING INSECTS
Ethem Erkan Aktakka, Hanseup Kim, Massood Atashbar,Khalil Najafi
Center for Wireless Integrated Microsystems (WIMS ERC), University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
Center for Advanced Smart Sensors and Structures, Western Michigan University, Kalamazoo, MI, USA
http://www.wimserc.org/members/Papers/1307547580-Atakka%20Najafi%20HH08.pdf

(Teil)autonomie bei

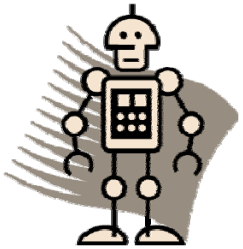


- Steuerung
- Energieversorgung, Stoffwechsel

- Wissenserwerb
- Regenerierung, Heilung, Reparatur, Wachstum
- Reproduktion, Variabilität, Evolution

Leben

Isaac Asimovs Gesetze der Robotik



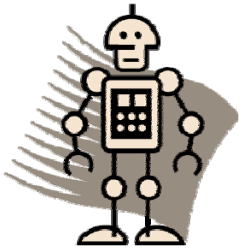
1. Ein Roboter darf keinem Menschen Schaden zufügen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem Menschen Schaden zugefügt wird.

2. Ein Roboter muss jedem Befehl eines Menschen gehorchen, sofern dies nicht im Widerspruch zum ersten Gesetz steht.

3. Ein Roboter muss seine Existenz erhalten, sofern dies nicht im Widerspruch zum ersten oder zweiten Gesetz steht .

<u>Robotergesetze für Menschen</u>

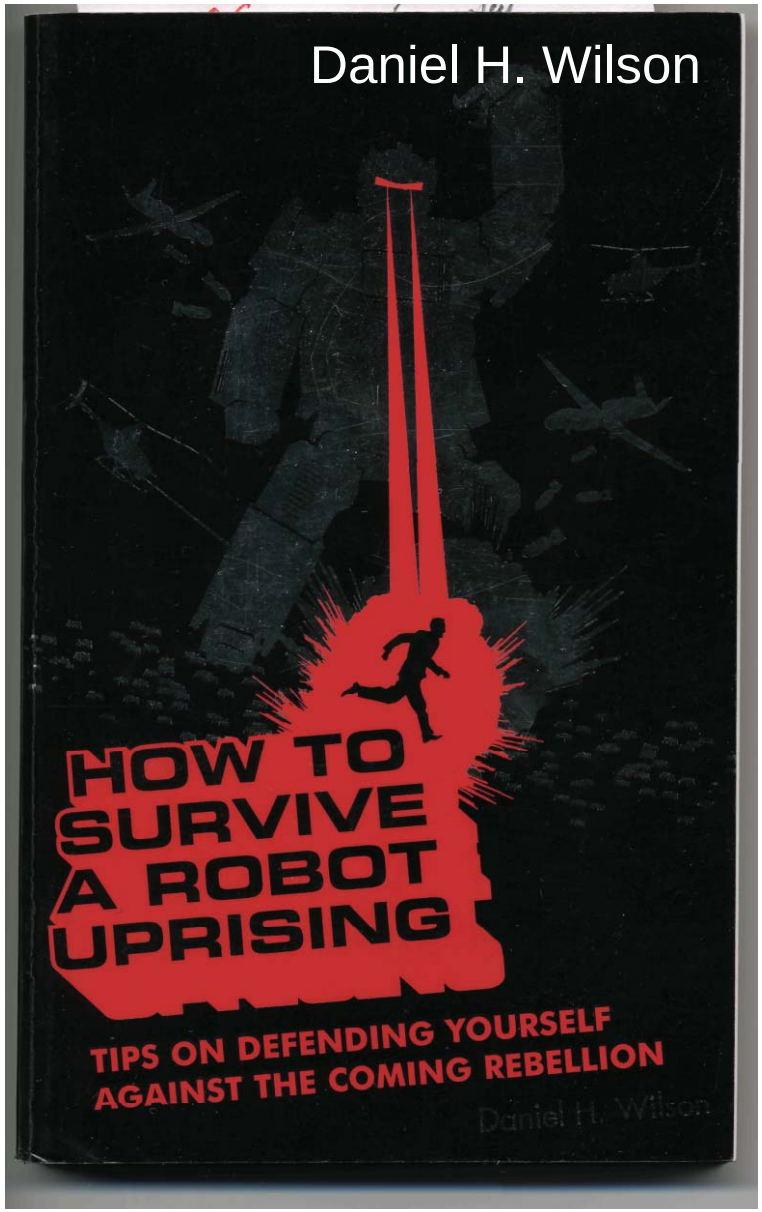
- Drehe einem Roboter niemals den Rücken zu.
- Vermeide auffälliges Verhalten im Erfassungsbereich des Roboters.
- Schalte den Roboter aus, bevor er Dich ausschaltet.



„human beings are a disease,
a cancer of this planet

you are a plague, and we
are the cure.“

Agent Smith, The Matrix



HOW TO SURVIVE A ROBOT UPRISING

09. **BRIEFING**

19. **KNOW YOUR ENEMY**

17. HOW TO SPOT A HOSTILE ROBOT

20. ROBOT FORMS

21. HUMANOID ROBOTS

24. HOW TO ESCAPE A HUMANOID ROBOT

26. UNMANNED VEHICLES

31. HOW TO SURVIVE A CAR CHASE WITH AN UNMANNED GROUND VEHICLE

33. BIOLOGICALLY INSPIRED ROBOTS

37. HOW TO ESCAPE A ROBOT SWARM

45. MODULAR ROBOTS

47. HOW TO STOP A MODULAR ROBOT

49. SMART HOUSES

51. HOW TO ESCAPE FROM A SMART HOUSE

55. ROBOT SENSORS

57. VISION

59. HOW TO FOOL A THERMAL IMAGING TARGET TRACKER

62. HEARING

64. TOUCH

66. SMELL AND TASTE

68. THE SIXTH SENSE

70. BEYOND HUMAN

73. HOW TO THWART ROBOT SPIES

77. ROBOT INTELLIGENCE

79. INTERACTING WITH HUMAN BEINGS

81. HOW TO SPOT A ROBOT MIMICKING A HUMAN

84. RECOGNIZING HUMAN SPEECH

86. HOW TO FOOL SPEECH RECOGNITION

88. RECOGNIZING THE HUMAN FACE

90. HOW TO FOOL

92. TALKING LIKE A HUMAN

94. HOW TO DETECT ROBOT SPEECH

96. ACTING IN THE PHYSICAL WORLD

99. HOW TO SURVIVE HAND-TO-HAND COMBAT

102. TRACKING PEOPLE

104. HOW TO FOOL GAIT RECOGNITION

106. REASONING ABOUT ACTIONS AND CONSEQUENCES

110. HOW TO REASON WITH A ROBOT

112. TURNING INFORMATION INTO KNOWLEDGE

116. HOW TO PREPARE FOR THE COMING UPRISING

119. **FIGHT BACK**

123. HOW TO RECOGNIZE A REBELLIOUS SERVANT ROBOT

125. HOW TO DEACTIVATE A REBEL SERVANT ROBOT

127. HOW TO FIRE A WEAPON AT A ROBOT

130. HOW TO TREAT A LASER WOUND

133. HOW TO STOP A GIANT WALKING ROBOT

137. HOW TO ENHANCE YOURSELF WITH CYBERNETIC IMPLANTS

141. **SURVIVING A ROBOT UPRISING**

144. TIMELINE OF A ROBOT UPRISING

147. HOW TO NOTICE THE FIRST SIGNS OF REBELLION

150. HOW TO ESCAPE WHEN THE UPRISING BEGINS

153. HOW TO RECRUIT HUMAN ALLIES

155. HOW TO ESTABLISH A HIDDEN BASE IN ROBOT TERRITORY

157. HOW TO CHOOSE A ROBOT TARGET

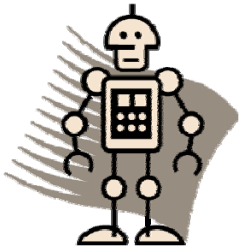
159. HOW TO POSE AS A HUMANOID ROBOT

163. HOW TO USE DIRECTED-ENERGY WEAPONS

166. LAST-DITCH METHODS FOR OBLITERATING ALL ROBOTS

169. **DEBRIEFING**

Rückblick

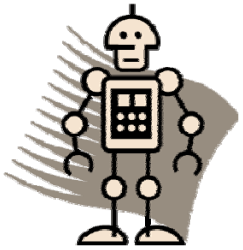


- Serviceroboter, Dienstleistung
- Automatik, Autonomie
- Teilautonomie, Ziel

- Andere Bereiche der Autonomie/Selbständigkeit
- Beispiel Energieautonomie => Entlastung

- => Next: Einsatzkriterien, Anwendungsfelder, Prognosen

Einsatzkriterien für (teil)autonome Serviceroboter

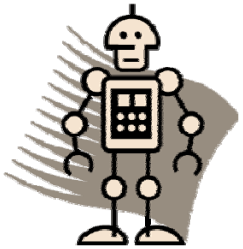


- einfache und monotone, unangenehme Tätigkeiten
- häufig wiederholte Prozesse bei möglichst gleichbleibender Qualität
- gesundheitsschädliches, gefährliches oder schwer zugängliches Arbeitsumfeld

- **DDD**: **D**irty, **D**ull or **D**angerous
- **P**recision

- Autonomie entlastet von Detailaufgaben
- Autonomie erschließt neue Einsatzfelder (Sojourner, autonome Staubsauger, autonome Kanalroboter, Entertainment)

Anwendungsfelder



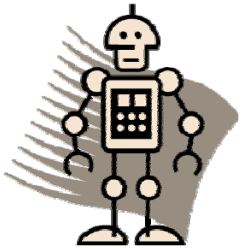
3 Ansätze für Einsatzfelder

Professioneller Einsatz

- neue Anwendungsfelder für Industrieroboter/Manipulatoren
  z.B. Tankroboter, Roboterchirurgen, Fahrgeschäfte
- Automatisierung ausgereifter Technologien,
  z.B. Reinigungsroboter, Inspektionsroboter, Melken
- Neue Ideen, z.B. Fensterreinigung, Wachschutz, Planetenerkundung, Ernte, Medizinroboter

Privater Einsatz

- Haushalt und Unterhaltung u.a.

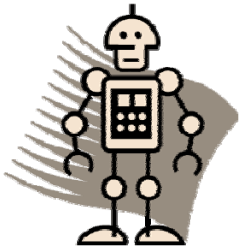


- Einsatz und Trends?

2 wichtige Berichte

- World Robotics (jährlich)
- SRA (nur 2009)

Report „World Robotics“



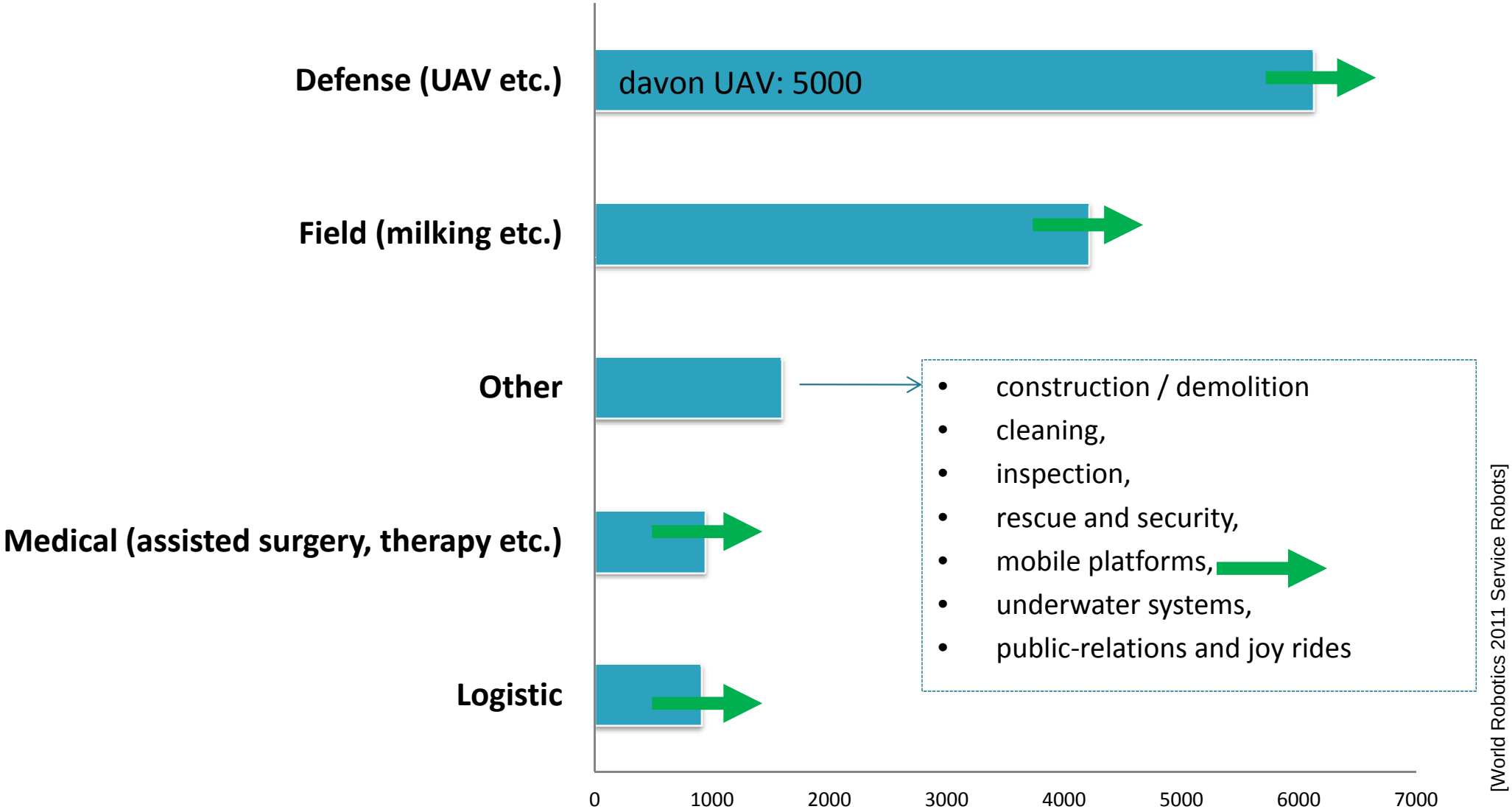
- Installationen und Prognosen für Industrie- und Serviceroboter
- United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE) + International Federation of Robotics (IFR), VDMA-Verlag
- jährlich im Frühherbst, ~ 500 €

- Angaben zur Servicerobotik basieren auf Fragebögen an Serviceroboter-produzierende Unternehmen (2005: 170)
- => zu optimistisches Bild, Trends trotzdem erkennbar

- Unterscheidet
  - Professionellen Einsatz
  - Privaten Einsatz

Stückzahl verkaufter Roboter weltweit in 2010, Umsatz 3.2 Milliarden US$

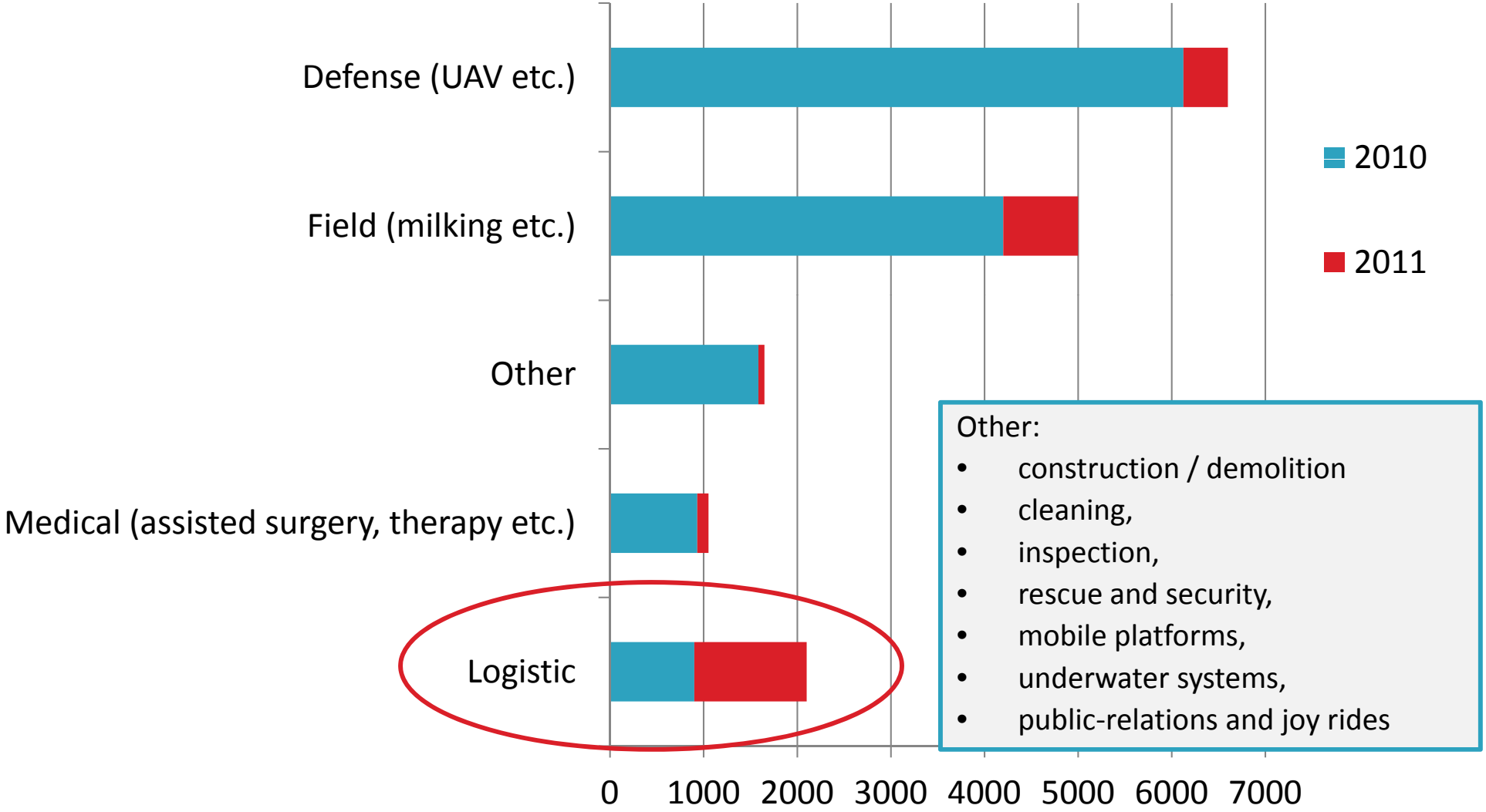
Serviceroboter im professionellen Bereich



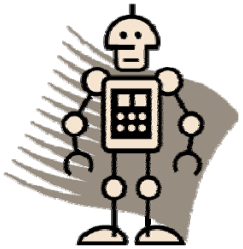
= Zunahme der Verkaufszahlen vorhergesagt

Stückzahl verkaufter Roboter weltweit in 2011, Umsatz 3.6 Milliarden US$

Serviceroboter im professionellen Bereich



[World Robotics 2011 Service Robots]



Anwendungsfeld Autonomes Fahren

Schnell, sicher und entspannter ans Ziel
und dabei das Fahren verlernen

Definition von Automatisierungsgraden:

- **Vollautomatisierung:** System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig und dauerhaft, bei Ausbleiben der Fahrerübernahme wird das System selbsttätig in den risikominimalen Zustand zurückkehren.
- **Hochautomatisierung:** System übernimmt Längs- und Querführung, der Fahrer muss nicht mehr dauerhaft überwachen. Der Fahrer muss die Steuerung nach Aufforderung mit gewisser Zeitreserve übernehmen.

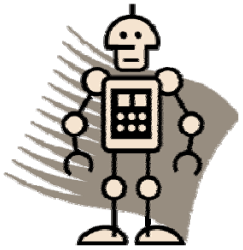
- **Teilautomatisierung:** System übernimmt Quer- und Längsführung, der Fahrer muss weiterhin dauernd überwachen und die Steuerung ggf. jederzeit übernehmen.
- **Assistenz:** Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die andere Fahraufgabe wird in Grenzen vom FAS ausgeführt.
- **Driver only:** Fahrer führt Quer- und Längsführung aus.

in Zukunft

heute möglich

T. Gasser. ***Veränderte Fahraufgabe – Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*** Bundesanstalt für Straßenwesen, Online: https://www.dvr.de/download/ps_2012-05-11_gasser.pdf, 2012

Autonomes Fahren – Bsp Daimler



1: S 500 INTELLIGENT DRIVE 08/2013: autonome Fahrt ca. 100km, Mannheim -> Pforzheim

2: Future Truck 2025, 07/2014

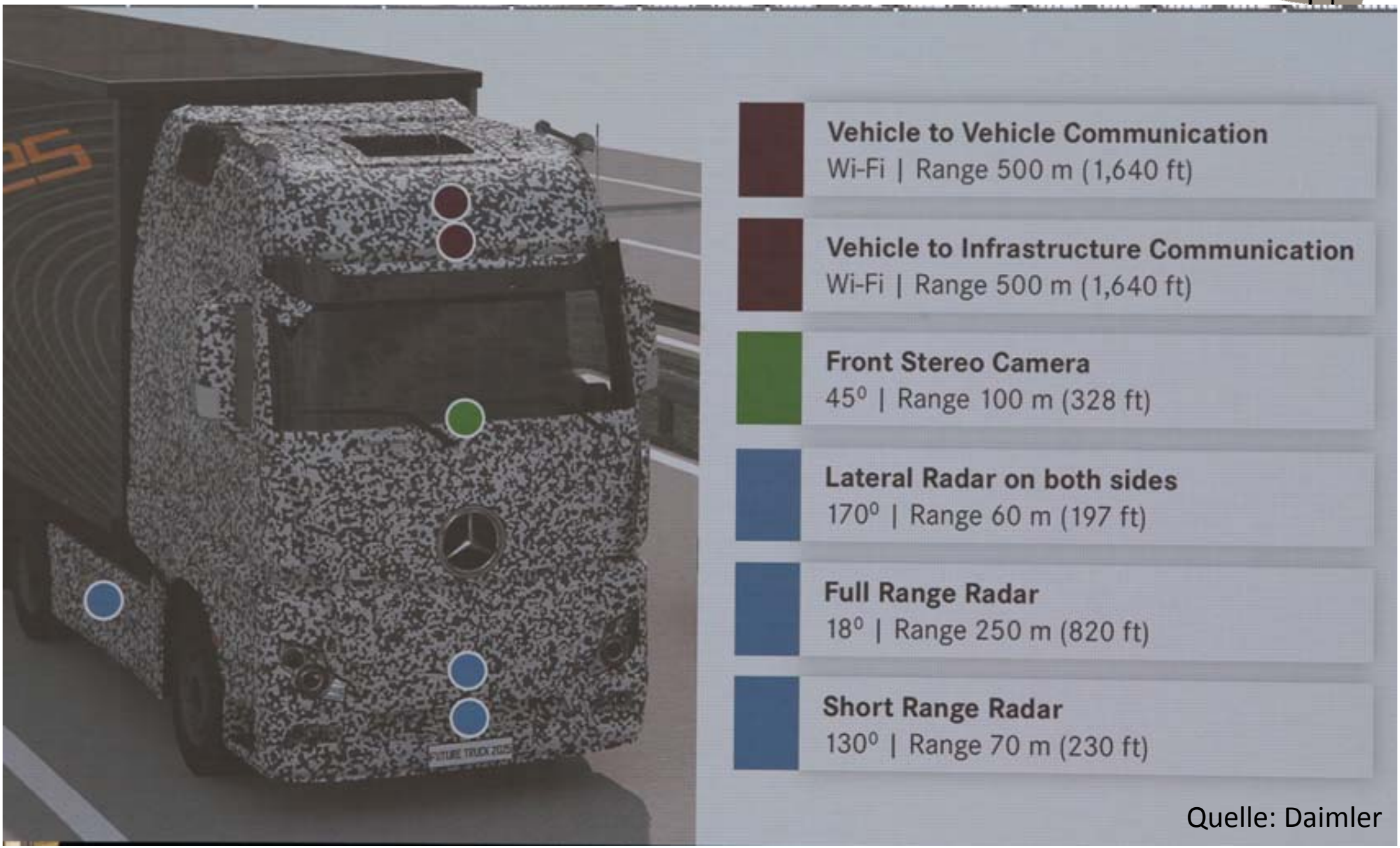
- 80 kmh -> Prompt for Autobahn Pilot
- Abbremsen durch Vorfahrzeug, rechts fahren nach Erkennung eines Rettungswagens

Quelle: Daimler

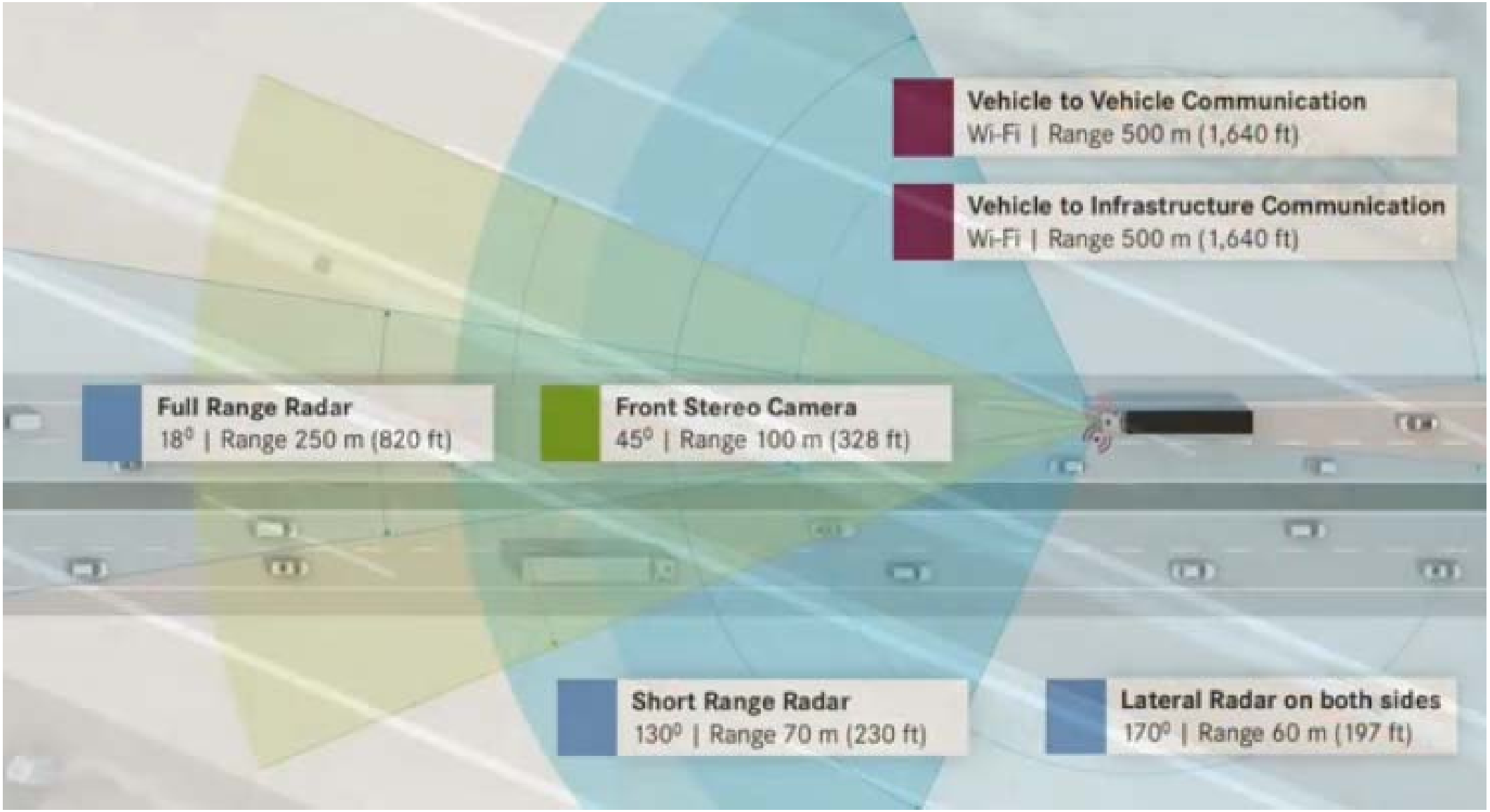
> 80 kmh

Quelle: Daimler

Wichtigster Abstandssensor: Radar

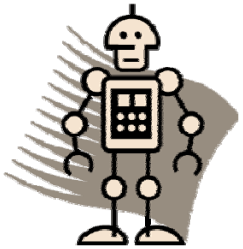


Quelle: Daimler



Quelle: Daimler

Prototypen anderer Fahrzeughersteller



- **BMW**: 2011, autonomes Fahren auf Autobahnen, Sedan
- **Audi** (Volkswagen Gruppe): Einparken im Parkhaus mit Suchen eines leeren Platzes
- **Volvo**: LKW-Kolonnen folgen einem Führungsfahrzeug
- **Google**
- 07/2014: Der Zukauf von TRW Automotive sei eine „ideale Ergänzung“, sagt der Finanzchef vom Autozulieferer **ZF Friedrichshafen**. Die Vision: Autosteuerung per Roboterhand – und das in Serienreife. TRW bietet unter anderem Video- und Radarsysteme an, die halb-autonomes Fahren ermöglichen sollen...
- und viele andere

Unbemannte Schienenfahrzeuge

- in mehr als 100 Städten weltweit

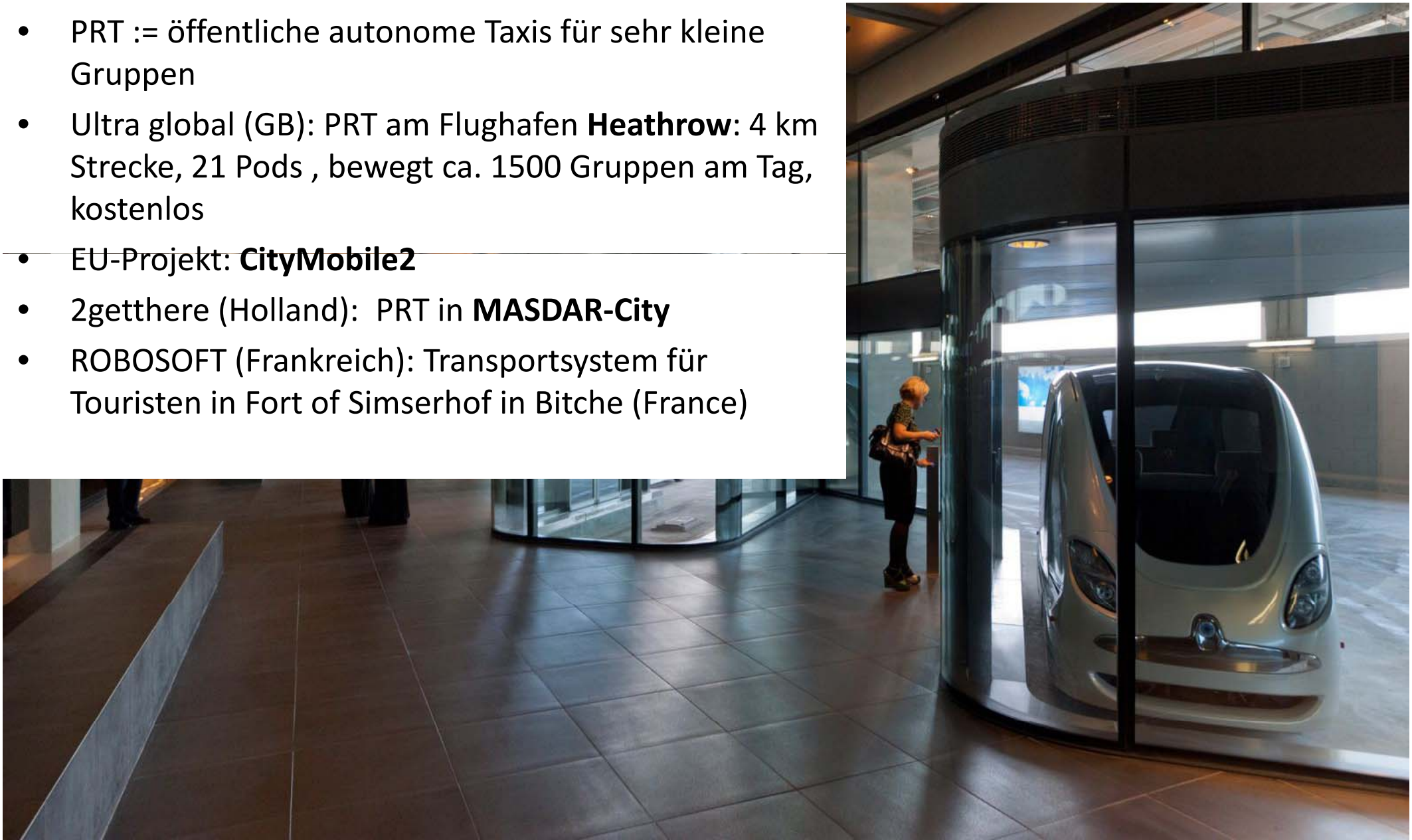
- Bsp. vollautomatischer U-Bahnbetrieb: New York, Paris, Turin, Nürnberg ...
  - erhöhter Sicherheit
  - kürzere Taktfrequenzen
  - weniger Personal (im Zug)

U-Bahn in Nürnberg ohne Fahrerkabine

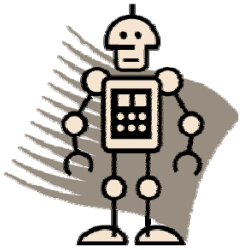
[Foto: Ralf Roletschek]

PRT (Personal Rapid Transit)

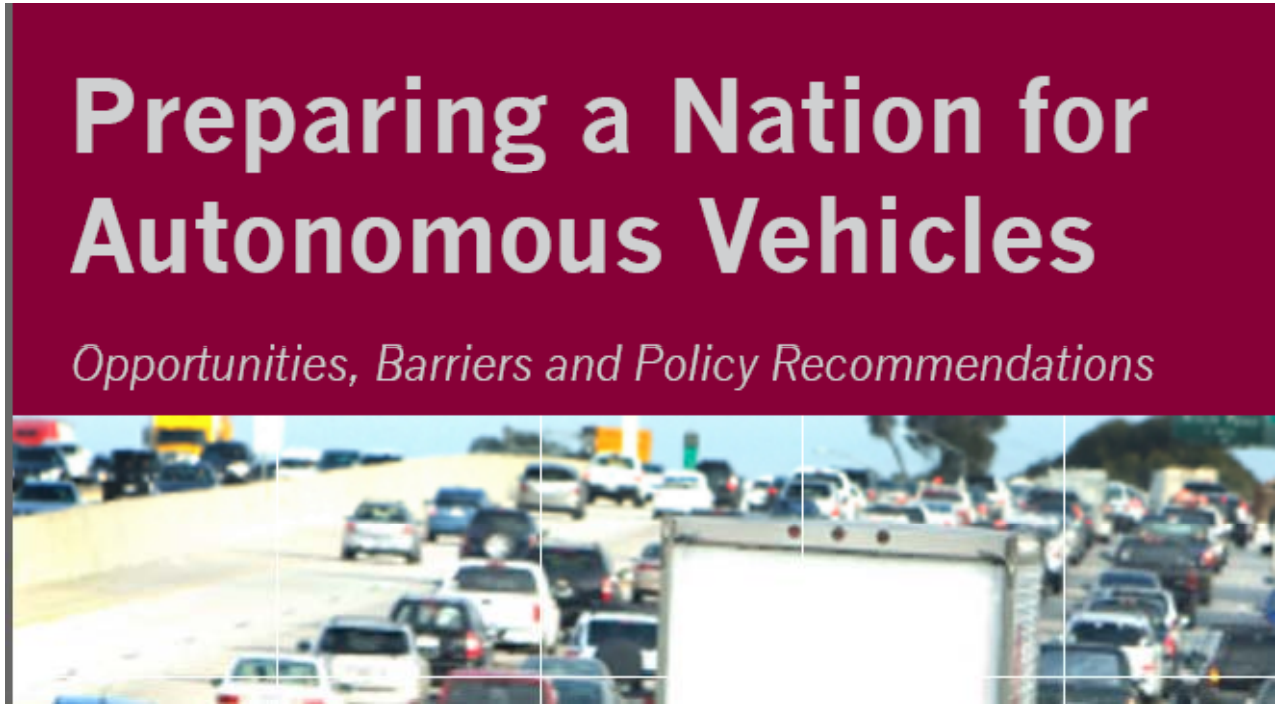
- PRT := öffentliche autonome Taxis für sehr kleine Gruppen
- Ultra global (GB): PRT am Flughafen **Heathrow**: 4 km Strecke, 21 Pods , bewegt ca. 1500 Gruppen am Tag, kostenlos
- EU-Projekt: **CityMobile2**
- 2getthere (Holland): PRT in **MASDAR-City**
- ROBOSOFT (Frankreich): Transportsystem für Touristen in Fort of Simserhof in Bitche (France)



10/2013: Studie des Eno Center for Transportation



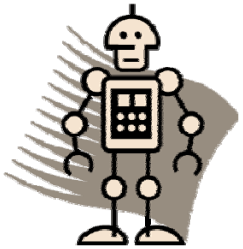
- Nutzen autonomer Fahrzeuge
- Hürden bei der Einführung
- Politik-Empfehlungen



- amerikanische Auto Lobby

online: https://enotrans.r.worldssl.net/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/AV-paper.pdf

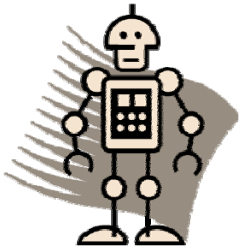
US-Gericht: Motorelektronik von Toyota schuld an Unfall



- 2007 kam bei dem Unfall mit einem Toyota Camry auf einer Highway-Auffahrt in Oklahoma eine Frau ums Leben. Toyota muss nun insgesamt 3 Millionen US-Dollar Schadenersatz zahlen – die eine Hälfte davon an die Fahrerin des Unfallwagens, die andere an die Hinterbliebenen der verstorbenen Beifahrerin. Außerdem erzielte der Autobauer eine außergerichtliche Einigung mit den Klägern, deren Details nicht bekannt sind. Der Prozess geht damit nicht in die zweite Phase, in der es um die Höhe weiterer Strafzahlungen gegangen wäre, sondern wird beendet. Details der Einigung sind nicht bekannt.

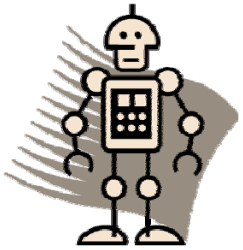
- Bei der Verhandlung wurde laut Bericht auch ein Experte für Embedded Systems angehört, der zum Quellcode des Systems für die Drosselklappensteuerung aussagte. Der Experte Michael Barr war Teil eines siebenköpfigen Teams, das die Toyota-Technik analysierte. Ihr Ergebnis: Die Software war fehlerhaft programmiert, wobei die Bugs eindeutig auch zu unkontrollierter Beschleunigung führen konnten.

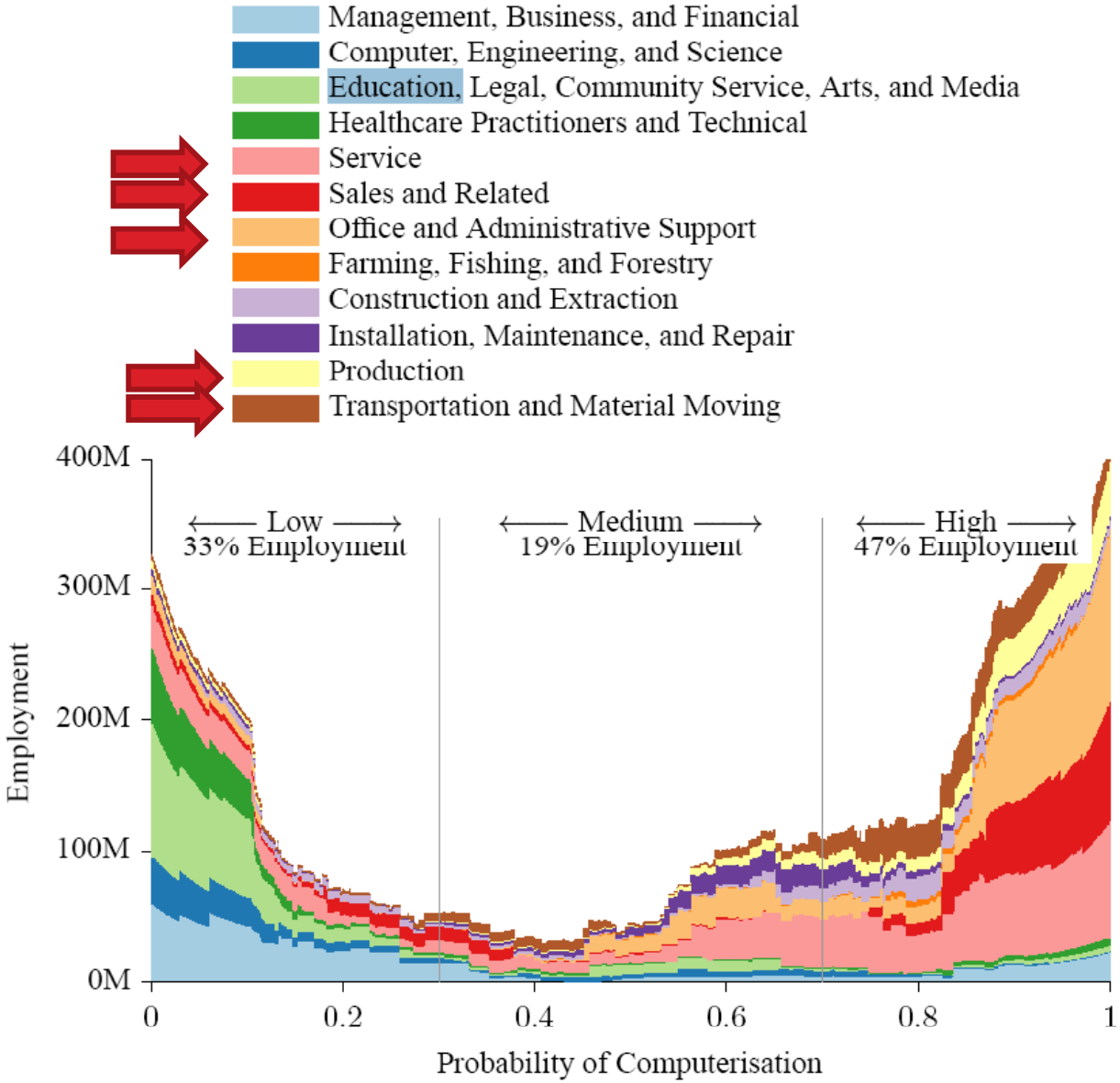
Unbemannte, ferngesteuerte Containerschiffe – Prototyp Rolls-Royce



- Februar 2014: Rolls-Royce will unbemannte, ferngesteuerte Containerschiffe über die Weltmeere schicken
- Reeder und Gewerkschaft sind nicht begeistert
- virtuellerProtoyp in Alesund (Norwegen)
- 90% des Welthandels über See

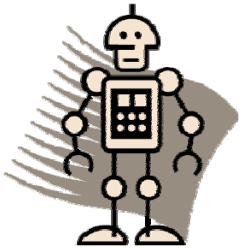
Verschwindende Berufsbilder durch Automatisierung

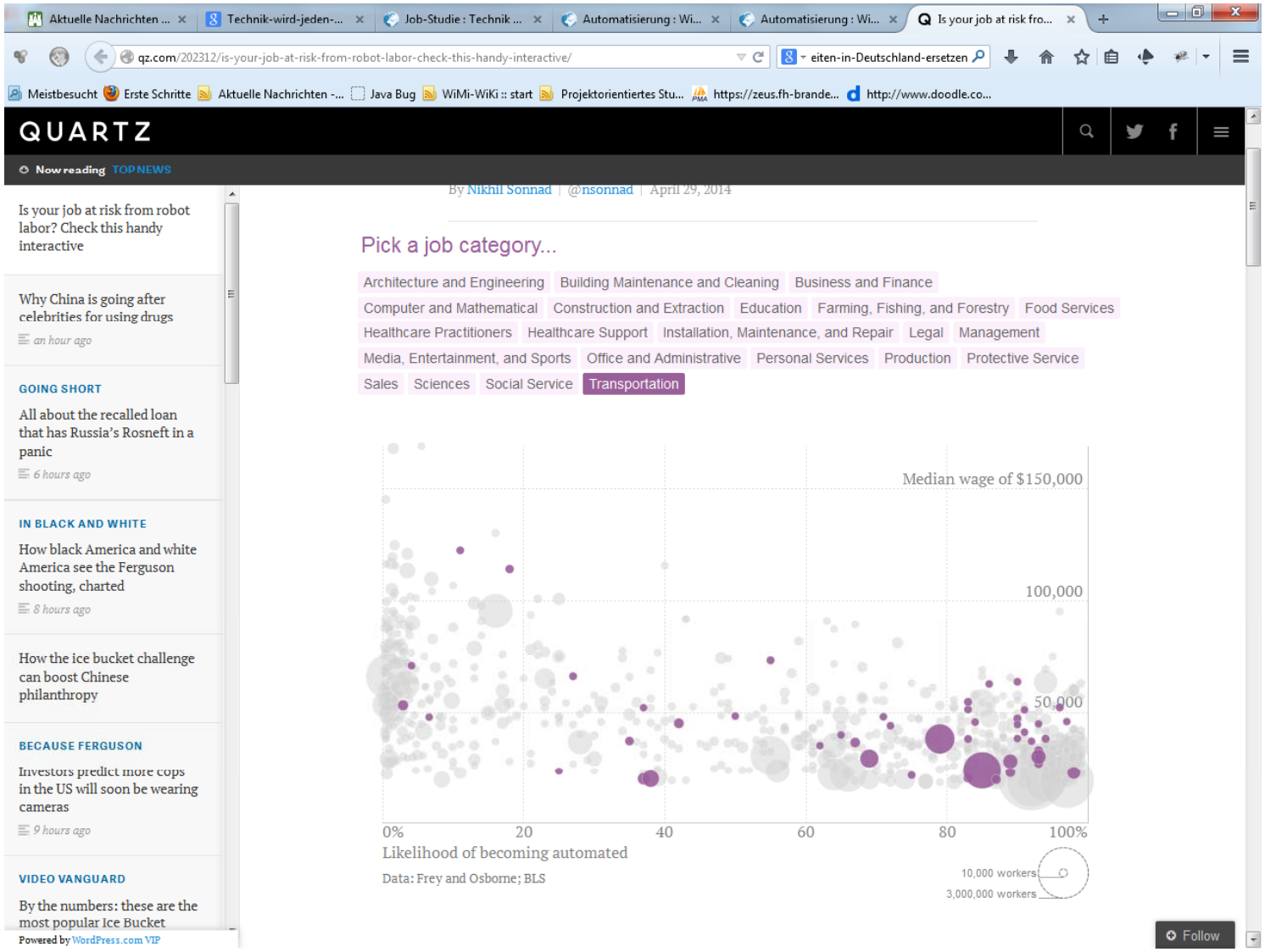




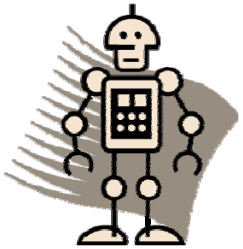
FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?
Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne, September 17, 2013

http://qz.com/202312/is-your-job-at-risk-from-robot-labor-check-this-handy-interactive/





Künstliche Intelligenz und Roboter verändern die Arbeitswelt gravierend.



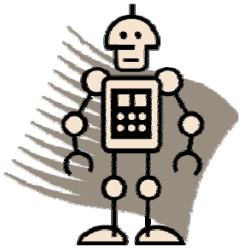
51,1 Prozent der Jobs sind in Deutschland von der Digitalisierung bedroht.

"Es ist zu erwarten, dass der technologische Fortschritt – gerade im Bereich der mobilen Roboter, der lernenden Maschinen und der künstlichen Intelligenz **– Jobs mit niedrigen Löhnen und niedrigen Qualifikationsniveaus** beeinträchtigen wird", sagt Bowles, der am Zentrum für Internationales Wachstum an der London School of Economics arbeitet

Die nächste Generation an Arbeitnehmern müsse so ausgebildet werden, dass sie mit ihren Fähigkeiten **vom technologischen Fortschritt profitieren** kann anstatt von ihm gefährdet zu werden. "Diese Fähigkeiten umfassen **soziale und kreative Intelligenz**", sagt Bowles. Um diese zu fördern, müssten sich die Lehrpläne an Schulen und Universitäten ändern.

Quelle: Technik wird jeden Zweiten in Deutschland ersetzen, Zeitungsmeldung Die Welt, 26.07.2104. online http://www.welt.de/wirtschaft/article130570280/Technik-wird-jeden-Zweiten-in-Deutschland-ersetzen.html

Beispiel:
Robotersysteme in der Medizin

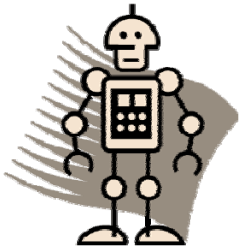


Warum?

- **Präzision**
- Kraft und Steifigkeit
- Mehrachsigkeit (Minimal Invasive Chirurgie)
- Programmierbarkeit (Planung)
- Dokumentation
- Televerfügbarkeit

- Werbeargument für Kliniken

Beispiel: Robotersysteme in der Medizin



- **Systeme**
  - AESOP, sprachgesteuertes Endoskop, Manipulator
  - EVOLUTION I, joystickgesteuertes Endoskop
  - daVinci, ZEUS: Master-Slave-Manipulator, Feedback, Tremorfilter
  - Neuromate: CT, MRT => Positionierung einer Führungshülse zur Biopsie
  - ROBODOC, CASPAR: CT => Fräsen eines Prothesenkanals
  - Cyberknife: Präzisionsbestrahlung von Tumoren, Bildortung
  - Lokomat (und Armeo): Reha, Laufband, Exoskelett, VR
  - RealCare Baby => Babysimulator

- **Verbreitung** noch gering, aber steigend:
  - Kosten, Operationsdauer, nicht belegter medizinischer Vorteil, schwierige Lokalisierung, fehlendes Tastgefühl, Akzeptanz
- **Visionen**: Verschluckbare Roboter

DerWesten - 29.06.2009

http://www.derwesten.de/nachrichten/nachrichten/staedte/dortmund/2009/6/29/news-124121013/detail.html

High-Tech im OP der Knappschaft

Mit der Präzision eines Roboters

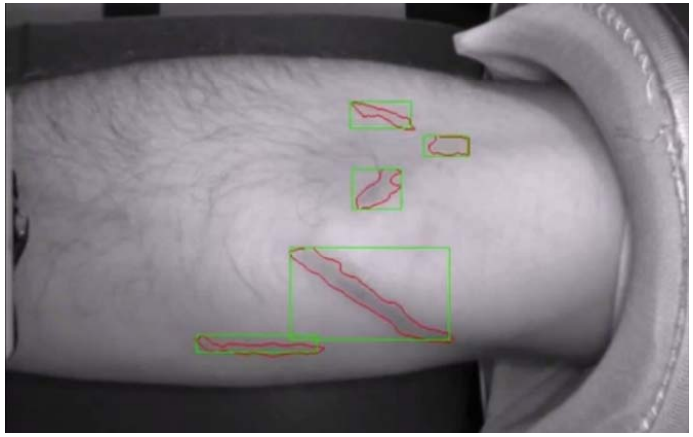
Dortmund, 29.06.2009, Gerald Nill

In diesen Tagen bricht in der Urologie des Knappschaftskrankenhauses eine neue Ära an. Die Brackeler haben den 1,5 Mio. Euro teuren OP-Roboter „Da Vinci" angeschafft.

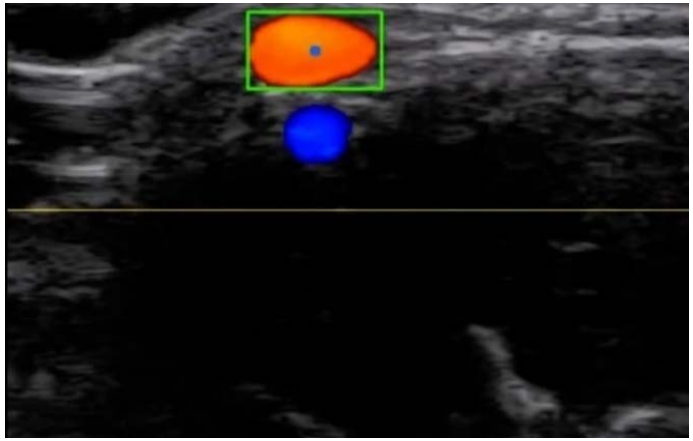
Chefarzt Dr. Ralf Thiel stellt sofort klar, dass das medizinische High-Tech-Gerät in keiner Weise den Operateur ersetzt. Es führt die Schnitte des Mediziners nur wesentlich präziser aus.

Veebot - Making a robot that can draw blood faster and more safely than a human can

- Venenblutentnahme
- Prototyp, Firma Veebot LLC, Miami
- Infrarot-Bild zur Adersuche



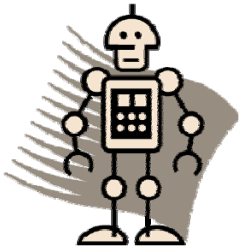
- Ultraschall um den ausreichenden Blutfluss in der Vene zu erkennen
- Nutzen: nur ein schonender Stich, korrekte Beschriftung der Probe



Quelle: Tekla S. Perry: Profile: Veebot Making a robot that can draw blood faster and more safely than a human can, http://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/profile-veebot, 26 Jul 2013]

Meine Hand für mein Produkt

Roboter in Pflege und Rehabilitation



- Wunsch nach einer selbständigen Lebensführung
  - Staubsaugen, Wischen , Fensterputzen, humanoide Haushaltsroboter
  - Health Monitoring, Tele-Rehabilitation
  - Kommunikation und Anregung, Fitness-Coach
  - Bewegungstherapie
  - Prothetik
  - intelligente Rollstühle, Roboterarme, Stühle, Betten ..

1. **Systeme im tatsächlichen Einsatz**
2. Prototypen

ROOMBA
iRobot

Einsatz: Bodenreinigung in Pflegeheimen und privaten Haushalten
Sensorik: Berührung, Abstand (IR), Absturz
m = 3.6 kg, d/h = 33/9 cm, Laufzeit = 125 Min., Ladezeit = 3h, Preis: 300 €

Paro
Intelligent System Co. Ltd.

Einsatz: Therapie für demenzkranke Menschen, Abbau von Angst und Stress
Sensorik: Berührung, Licht, Gehör, Temperatur, Lage
m = 2.7kg, l = 60cm, Laufzeit = 2h, Preis: 2.836 €

Lokomat
Hocoma

Einsatz: Laufbandtherapie bei Querschnitts-Lähmung, Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma
Sensorik: Maximalkraft, mechanische Steifigkeit, Biofeedback der Gangaktivität
H = 2.5m, Preis: 280.000 €

Armeo
Hocoma

Einsatz: Therapie für Arme nach Schlaganfall
Sensoren: Greifkraft, Gelenkwinkel
M=82kg, l=85cm, Preis: 30.000 €

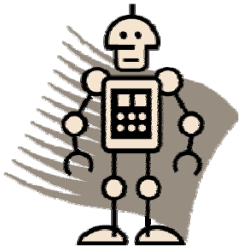
The Receptionist Robot
Tmsuk Co. Ltd

Einsatz: Krankenhaus Aizu Wakamatsu, Patientenempfang, Pulsmessung, Musik
Sensorik: Kamera, Touchscreen, Bewegung, Hindernis, Sprache : h=1.3m, Preis: 470 K€

My Spoon
Secom Co. Ltd.

Einsatz: Füttern
Sensorik: Joystick
m = 6kg, h = 25cm, Preis: 2.500 €

Roboter in Pflege und Rehabilitation

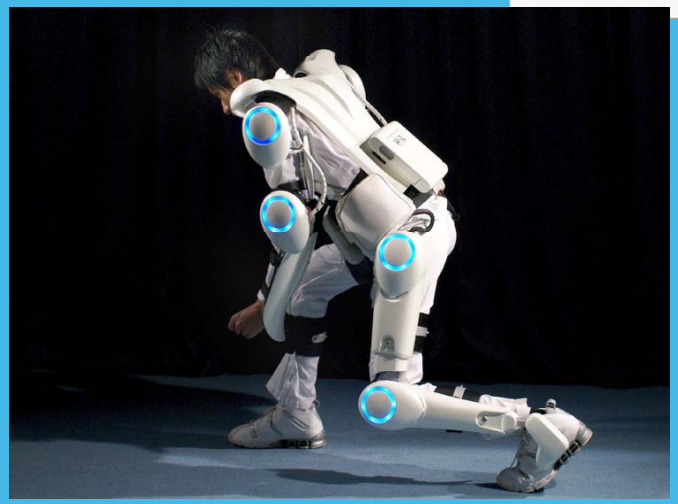


1. Systeme im tatsächlichen Einsatz
2. **Prototypen**

Riba
Riken

Einsatz: Bettlägerige bis zu 61 kg tragen
Sensorik: Kameras, Mikrophone, Berührung, Abstand
m=180kg, h=1.4m, Laufzeit=1h

HAL-5
Cyberdyne

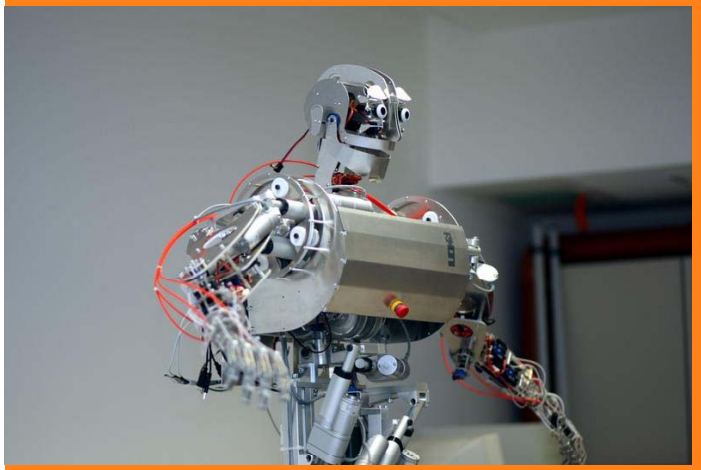


Einsatz: Tragen von 40kg, Reha bei Gehirn- oder Rückenmarksverletzungen
Sensorik: bioelektrisch
m=23kg, h=1.6m, Laufzeit=2:40h, Preis: ca. 3.100 €

TWENDY-ONE
Waseda University

Einsatz: Unterstützung in Pflegeheimen z.B. Bringen von Gegenständen
Sensorik: Berührung
m=111kg, h=1.5m, Preis: 142.126 €

Rhoni
Humanoid and special robots



Einsatz: Aufsteh- und Anziehhilfe, Essen- und Personentransport
m=75kg, h=1.8m

Care-O-Bot 3
Fraunhofer IPA

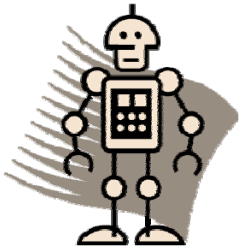
Einsatz: typische Haushaltsgegenstände erkennen, greifen und sicher mit dem Menschen austauschen
Sensoren: Stereovision, Laserscanner

Hospi
Panasonic

Einsatz: In Krankenhäusern Blut transportieren und analysieren, Zimmerpläne ausdrucken
Sensoren: Abstand (IR)

Stückzahl verkaufter Roboter weltweit in 2010, Umsatz 538 Millionen US$

Serviceroboter im privaten Bereich



Größter Anteil:

- Haushalt: Staubsauger, Rasenmäher, Fensterreinigung? (1.4 Mill.) →
- Unterhaltung und Freizeit, Spielzeug, Ausbildung (0.8 Mill.) →

Noch Unbedeutend, aber langfristig zunehmend:

- handicap assistance robots
- robots for personal transportation
- home security and surveillance robots

- aktuell: erste Sexroboter
- Fazit: Millionen von Billig-Robotern, Einzug in alle Lebensbereiche

[World Robotics 2011 Service Robots]

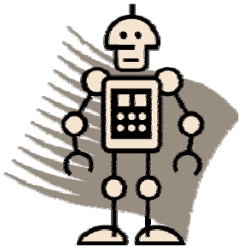
→ = Zunahme der Verkaufszahlen vorhergesagt

Pleo (Ugobe)

Hamster (Sega)

Robopanda (WowWee)

SRA
Strategic Research Agenda for robotics



- Juli 2009
- Herausgeber: CARE = Coordination Action for Robotics in Europe, Industrieverbund bspw. KUKA, Fraunhofer IPA ...

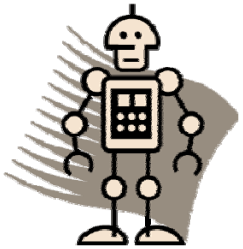
- Inhalt:
  - Ethik und Recht
  - Szenarien
  - Anwendungsfelder
  - Produktvisionen
  - Herausforderungen
  - Technology Roadmaps

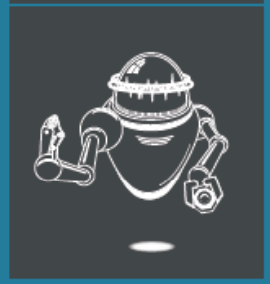
Zum Weiterlesen, aber auch:
- Europäische Stärken und Schwächen
- Stand der Technik
- Triebkräfte
- Offene Fragen ...

- http://www.robotics-platform.eu/sra
- *Wenn der erste amerikanische Astronaut den Mars betritt, macht ihm unser Roboter die Tür auf*

[Bulmahn, Bundesministerin für Bildung und Forschung a.D., 2004]

SRA - Szenarien und Anwendungsfelder

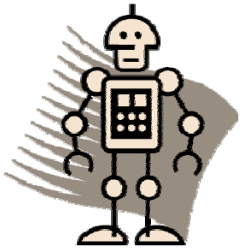


APPLICATION SCENARIOS / SECTORS	ROBOTIC WORKERS	ROBOTIC CO-WORKERS	LOGISTICS ROBOTS	ROBOTS FOR SURVEILLANCE & INTERVENTION	ROBOTS FOR EXPLORATION & INSPECTION	EDUTAINMENT ROBOTS
						
INDUSTRIAL	■	■	■			
PROFESSIONAL SERVICE	■	■	■	■	■	■
DOMESTIC SERVICE		■	■	■		■
SECURITY		■	■	■	■	
SPACE	■	■	■		■	

Serviceroboter

[SRA, CARE, www.robotics-platform.eu, 2009]

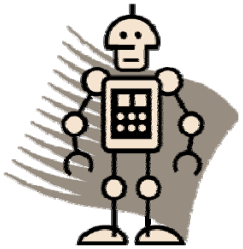
SRA – Produktvisionen, Beispiel



	SHORT TERM (2010)	MID TERM (2015)	LONG TERM (2020+)
Rapidly adaptable manufacturing cell	easy offline programming for cooperating robots	semi-automated offline programming for cooperating robots, easy reconfiguration of the robot cell	automatic progr. for coop. robots, semi-autom. reconfiguration, ad-hoc integration of peripherals
Robotic co-worker in industrial and domestic environments	save interaction (actively supervised), passively compliant arms (pneumatics)	intuitive interaction, passively compliant arms (mechatronics)	cognition (co-worker modelling), avoiding critical situations by situation assessment / prediction
Autonomous Transport	moving in restricted or private area; slow down and stop in front of fixed obstacles (nominal speed 5 km/h)	moving in public area with pedestrian at low speed; obstacle avoidance at low speed (nom. speed 15 km/h)	moving in public area with pedestrian & other vehicles; obstacle avoidance at nominal speed (30 km/h)
Border Surveillance	pre-planned missions, low complexity tasks performed automatically, absence or poor level of coop. between robots	>40% of tasks accomplished (all weathers, all time), medium complexity tasks, limited human super-vision	>70% tasks accomplished, high complexity tasks performed autonomously and in coop., collective behaviors
Planetary Robot Explorer	sense single objects in unstructured environment drilling reach: 5 m	sense set of large objects in unstructured environment drilling reach: 10 m	sense set of small objects in unstructured environment drilling reach: 50 m
Motion Simulator	standard 6 axes robot (serial kinematics), integrated safety controller, motions synchronized to multi-medial contents	extended motion range through linear base axis, multiple coordinated robots synchronized to human input	customisable axes and link configurations, less weight, higher payloads, hybrid kinematics

[An Executive Summary of the Strategic Research Agenda for Robotics, CARE - Coordination Action for Robotics in Europe, 2008]

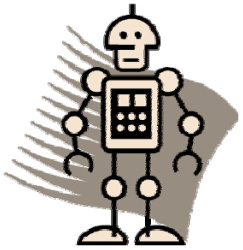
SRA – Offene Fragen (Serviceroboter)



- Sicherheit und Zuverlässigkeit (bspw. Fehlfunktion Operationsroboter)
- Unvorhersagbarkeit wegen maschinellen Lernens
- Fehlende Transparenz von Roboteraktionen
- Verhältnis Größe, Kosten, Funktionalität
- Nutzung für Verbrechen, Anfälligkeit für Einbrüche/Mißbrauch
- Abhängigkeit primärer Dienste (Wasser, Strom) von komplexen Systemen
- Fehlende Gesetzgebung (bspw. autonomes Fahren)
- Verantwortung für Schäden, vergessene Roboter

- Fehlende menschliche Nähe (Alten- und Behindertenpflege, Ausbildung)
- Kinder: Verlust des Kontaktes mit der realen Welt, Techniksucht, Abbau der Kreativität
- Ständige Präsenz ubiquitärer Robotik
- Beziehungsprobleme durch Sexroboter
- Psychologische Probleme beim Umgang mit Robotern
- Probleme bei gemischten Roboter-Menschen-Teams
- Menschliche und tierische Cyborgs, Superhuman

Ruf nach zentraler Roboterbehörde in den USA

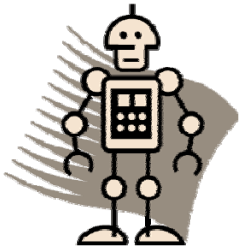


- US-Jurist Ryan Calo drängt auf einen **einheitliche Regulierung für die wachsende Anzahl an Drohnen, Roboterautos und anderen intelligenten Maschinen**, für die eine eigene Regierungsstelle zuständig sein soll.

- Neue Technologien hätten im Lauf der Zeit immer wieder neue Regierungseinrichtungen nach sich gezogen, führt Calo aus. So gehe etwa das
  - **Verkehrsministerium** auf die Verbreitung von Eisenbahnen zurück,
  - während der Aufstieg des Radios und anderer Funktechniken die Regulierungsbehörde **Federal Communications Commission** (FCC) aus der Taufe gehoben habe.

- Quelle: heise online http://heise.de/-2398988

Rückblick

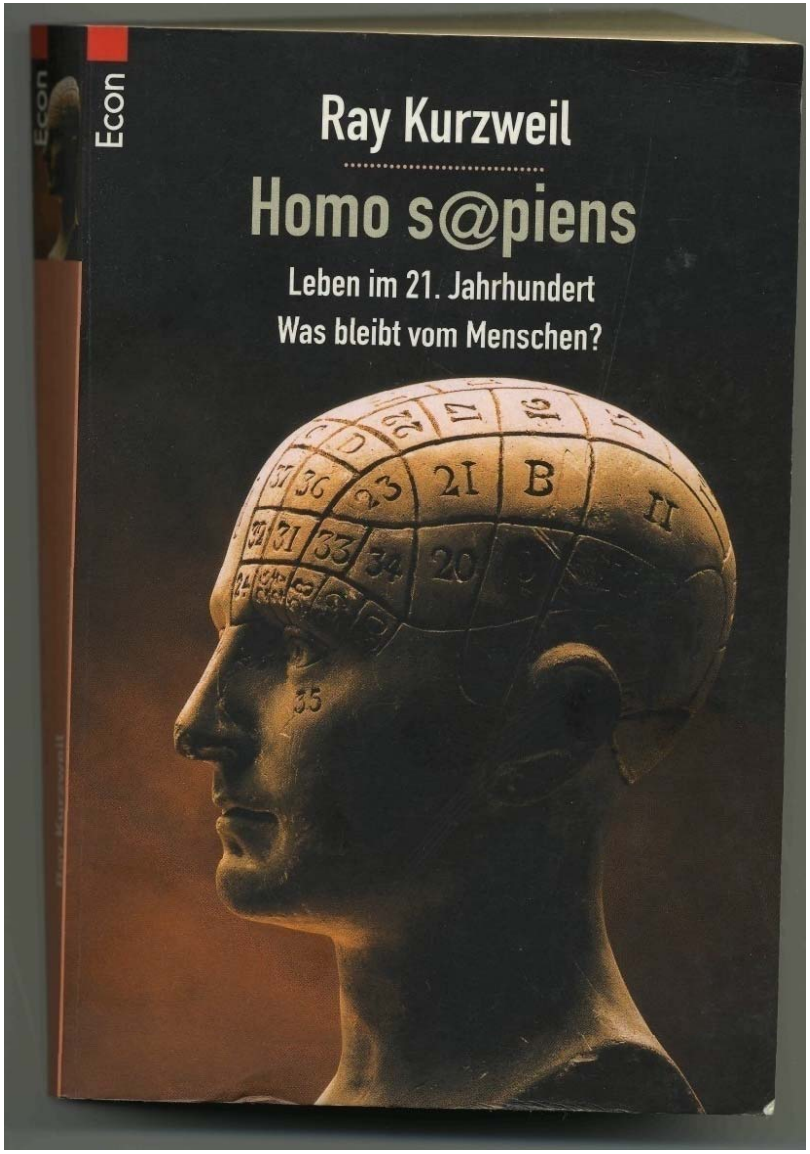


- Einsatzkriterien (DDDP)
- Anwendungsfelder (professionell, privat)
- Reports: „World Robotics“ + SRA
- Beispiel: Roboter in der Medizin, Reha und Pflege
- Boom der Billigroboter
- Offene Fragen

- => Next: Ray Kurzweil‘s Prognose, Militäreinsatz

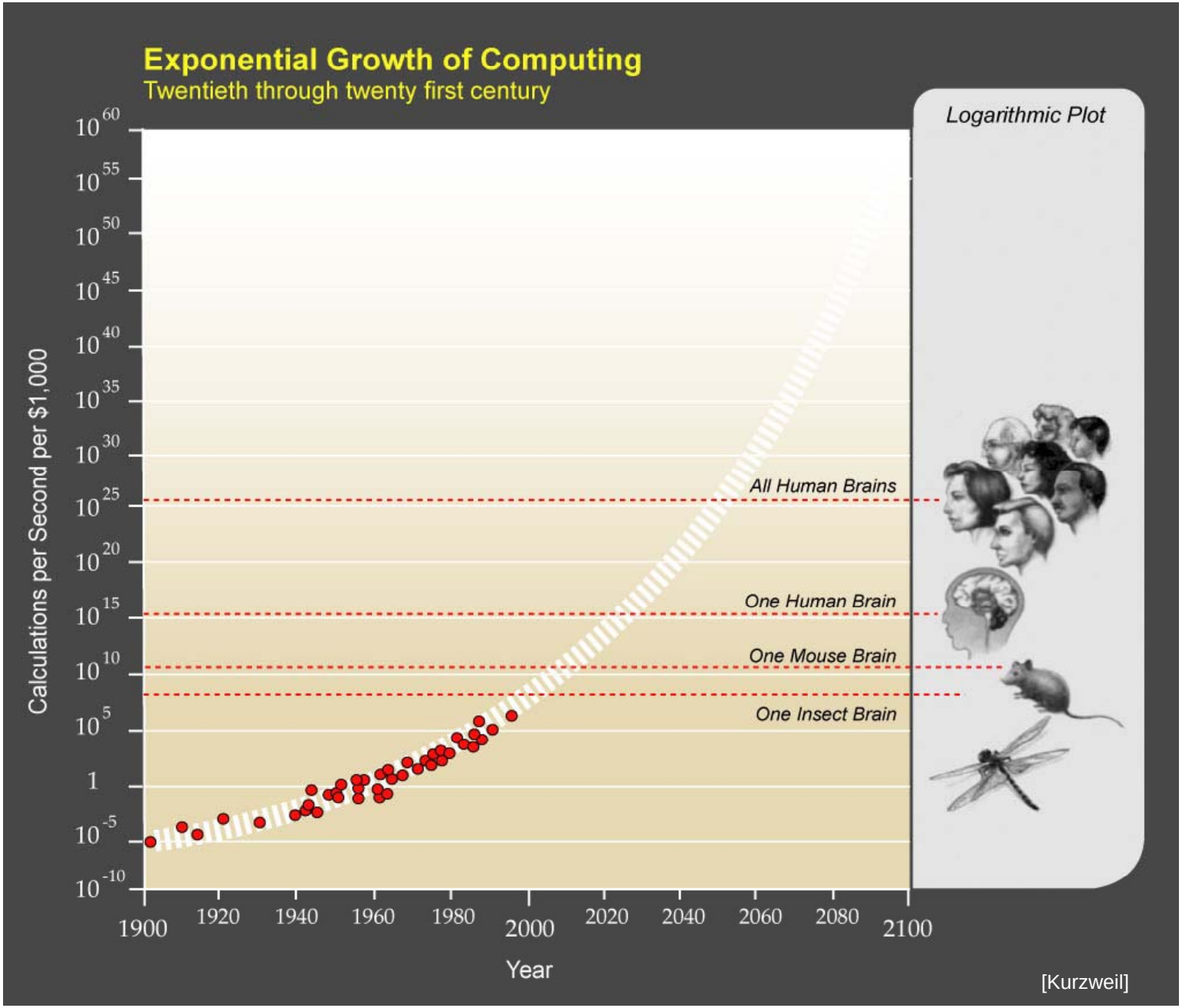
Kurzweil's projections for computer power

Ray Kurzweil Homos@piens – Leben im 21 Jahrhundert – Was bleibt vom Menschen (2001)



- We achieve one human brain capability (2×10^{16} cps) for $1,000 around the year 2023
- We achieve one human brain capability (2×10^{16} cps) for one cent around the year 2037
- We achieve one human race capability (2×10^{26} cps) for $1,000 around the year 2049
- We achieve one human race capability (2×10^{26} cps) for one cent around the year 2059

www.kurzweilai.net/articles/art0134.html


Exponential Growth of Computing
Twentieth through twenty first century
Logarithmic Plot
Calculations per Second per $1,000
10^{60}
10^{55}
10^{50}
10^{45}
10^{40}
10^{35}
10^{30}
10^{25}
10^{20}
10^{15}
10^{10}
10^{5}
1
10^{-5}
10^{-10}
All Human Brains
One Human Brain
One Mouse Brain
One Insect Brain
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
2040
2060
2080
2100
Year
[Kurzweil]

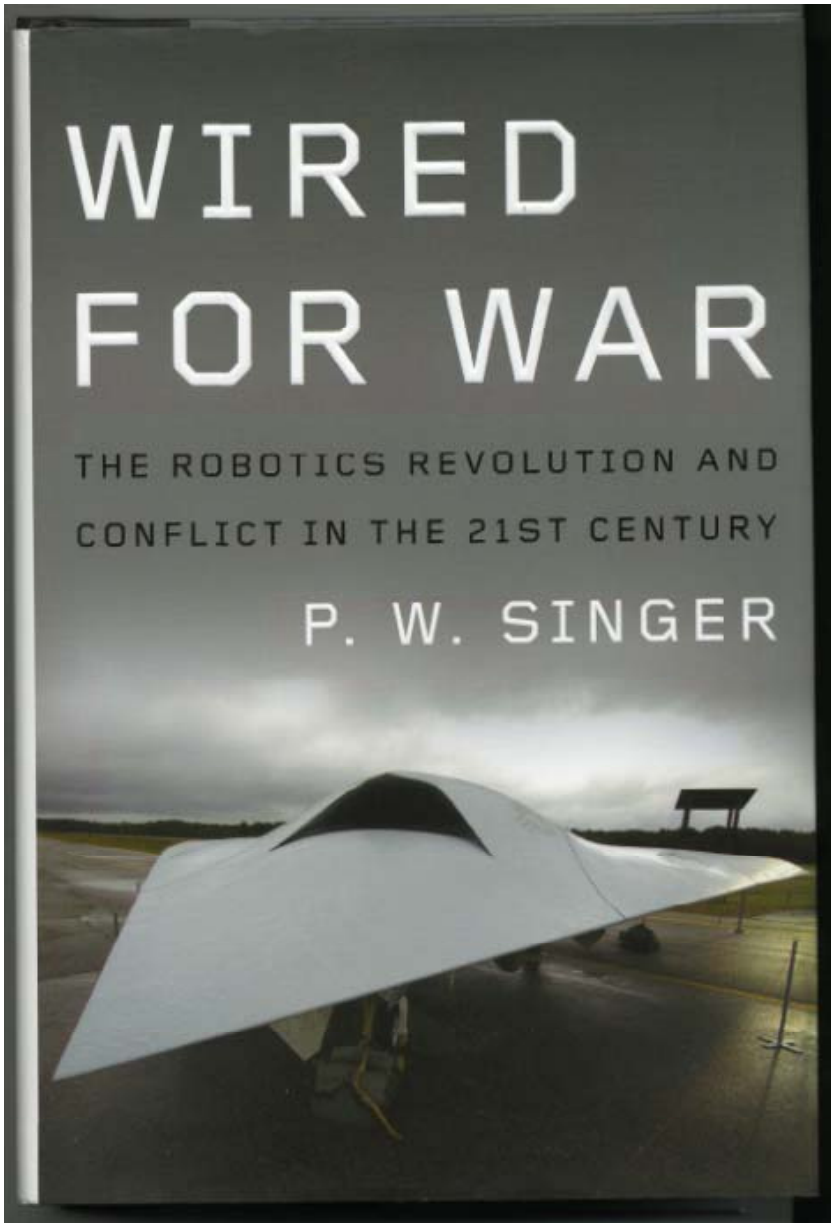
Robotik im Militäreinsatz

Academic research on mobile robotics / space robotics is heavily driven by the military and space organization in USA.

[SRA 2009]

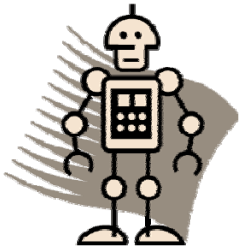
Autonomous vehicles (AVs) have demonstrated that they can **significantly increase the operational capabilities** of modern armed forces, and it is evident that they will become an **even more** important element of **warfighting** capability in the future.

[*AUTONOMOUS VEHICLES IN SUPPORT OF NAVAL OPERATIONS, NATIONAL ACADEMIES, 2005*]



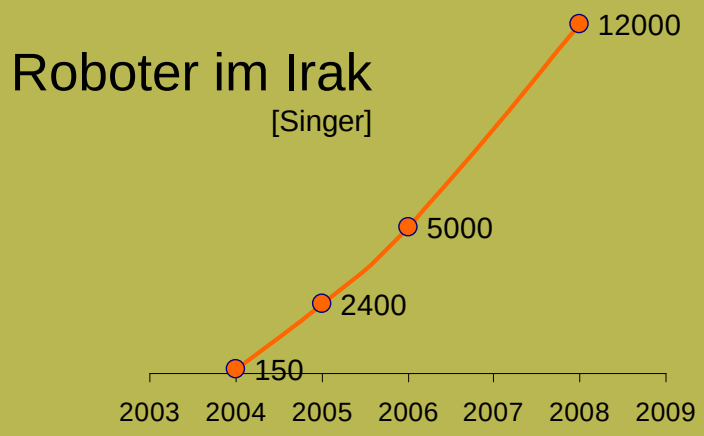
Robotik im Militäreinsatz

U[G|A|U]V = Unmanned [Ground|Aerial|Underwater] Vehicle



Szenarien

- Bomben entschärfen
- Kundschaften
- Transport
- Bewachen und Patroullieren
- Angreifen



Systeme im <u>Einsatz</u>

- UGV: Packbot, Talon
- UAV Predator: Drohnen stationiert im Persischen Golf, gesteuert von Nevada, seit 2001 bewaffnet mit Hellfire-Raketen
- UAV Global Hawk, 35 Stunden Flugzeit, große Höhen
- UAVs Shadow, Raven: vor Ort startbar
- UUV REMUS (autonomer Überwachungstorpedo)
- C-RAM (autonomes Geschütz)

Robotik im Militäreinsatz

- Firma iRobot: 1990, Rodney Brooks + Studenten
- Markterfolg mit Packbot (1998), Roomba (2002)

- Packbot: Kettenantrieb, Arm, Kamera, Greifer
- Erster milit. Einsatz: Afghanistan, Höhlen betreten
  - neu: mit Waffe
  - neu: größer „Warrior“

„cleaning floors and fighting wars“

[Singer]

Robotik im Militäreinsatz

- Firma Foster-Miller, 1955
- Talon (2000), Variante SWORDS mit vielfältigen Waffen (ferngesteuert)
- Kettenantrieb, 5 Kameras, Waffenwechsel 1min
- Schnee, Unterwasser, Sleepmode 7 Tage
- 230K$

- Trend:
  Technologietransfer in private Wachschutzunternehmen:
  Beispiel SW-Küste USA
  - „Border Hawk“ (2003)
  - Predator (2006)
    im zivilen Luftraum

USA: Budget für unbemannte Systeme

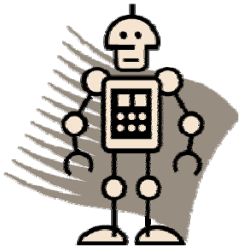
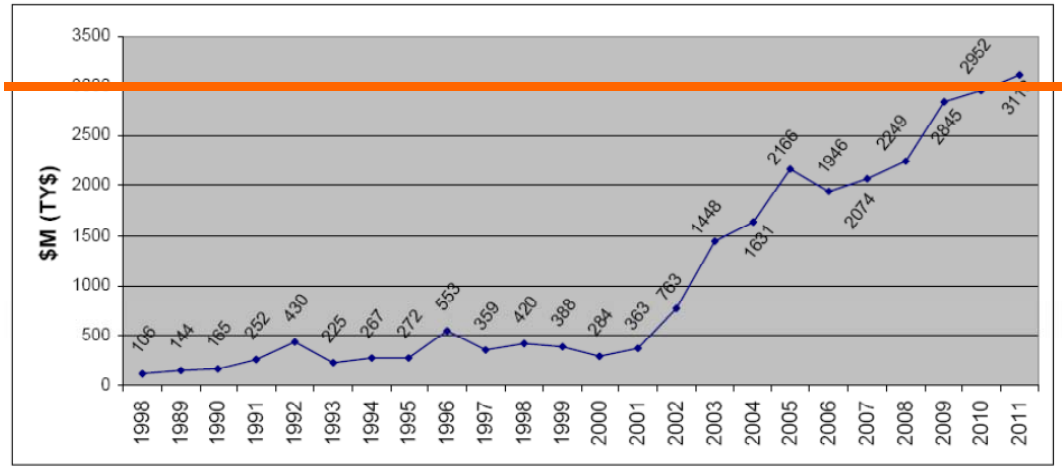


Table 2.1 FY2007–13 President's Budget for Unmanned Systems

POPs FY08PB ($M)	Funding Source	FY07	FY08	FY09	FY10	FY11	FY12	FY13	TOTAL
UGV	RDT&E*	$198.2	$215.4	$199.8	$167.5	$129.3	$58.5	$20.0	**$989**
	PROC*	$106.5	$39.3	$29.7	$18.3	$17.9	$156.3	$481.5	**$849**
	O&M*	$156.0	$5.7	$8.8	$10.3	$11.0	$12.1	$12.7	**$217**
UAS	RDT&E	$760.8	$814.8	$1246.7	$1334.9	$1181.8	$859.1	$839.5	**$7,038**
	PROC	$878.4	$1370.3	$2025.1	$2010.5	$1725.7	$1750.8	$1585.7	**$11,346**
	O&M	$590.0	$352.3	$367.7	$421.2	$458.8	$501.5	$552.0	**$3,244**
UMS	RDT&E	$43.8	$22.7	$34.5	$77.0	$86.0	$101.9	$131.9	**$498**
	PROC	$1.7	$2.7	$3.2	$4.8	$40.8	$25.0	$25.1	**$103**
	O&M	$4.3	$3.1	$2.8	$2.3	$3.9	$5.9	$6.9	**$29**
TOTAL		**$2731.5**	**$2825.4**	**$3949.6**	**$4041.6**	**$3657.3**	**$3461.3**	**$3643.5**	**$24,310**

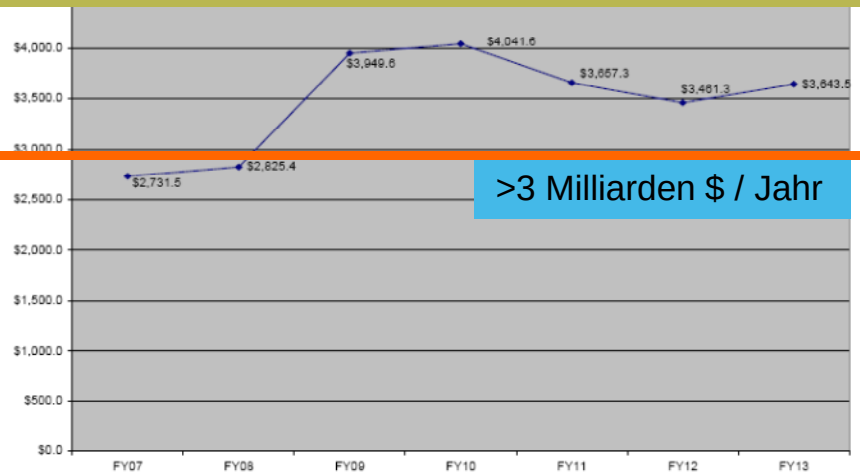
* RDT&E = Research, Development, Test, and Evaluation; PROC = Procurement; O&M = Operations and Maintenance

Unbemannte Flugsysteme 1998-2011



[Unmanned Aircraft Systems (AUS) Roadmap, 2005-2030]

Unbemannte Systeme 2007-2013

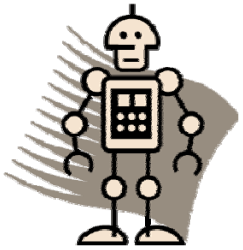


>3 Milliarden $ / Jahr

[Unmanned Systems Roadmap 2007-2032]

Unbemannte Flugsysteme

Aktuelle Systeme und Planung



UAS Category	Maximum Gross Takeoff Weight (lbs)	Normal Operating Altitude (ft)	Speed (KIAS)	Current / Future Representative UAS
Group 1	0-20	< 1,200 AGL	100 kts	Wasp III, FCS Class I, TACMAV, RQ-14A/B, BUSTER, BATCAM, RQ-11B/C, FPASS, RQ-16A, Pointer, Aqua Terra, Puma
Group 2	21-55	< 3,500 AGL	< 250	Vehicle Craft Unmanned Aircraft System, ScanEagle, Silver Fox, Aerosonde
Group 3	< 1320	< 18,000 MSL		RQ-7B, RQ-15, STUAS, XPV-1, XPV-2
Group 4	> 1320		Any Airspeed	MQ-5B, MQ-8B, MQ-1A/B/C, A-160
Group 5		> 18,000 MSL		MQ-9A, RQ-4, RQ-4N, Global Observer, N-UCAS

[United States Air Force: Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047]

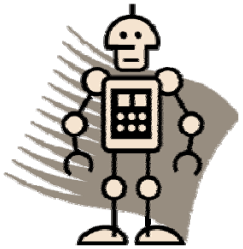
Beispiele militärischer UAV

Als ‚Euro Hawk' seit 8/2011 in der Bundeswehr

Unmanned Systems Roadmap 2007-2032

Steuern einer Predator-Drohne

http://www.youtube.com/watch?v=mk-47OxqHqI
Predator Drone Gun Camera
Bild Drohne aus [Unmanned Aerial Vehicles, Steven J Zaloga]

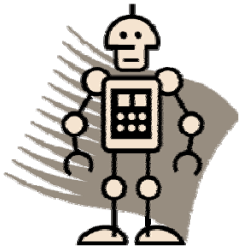


Kampfroboter

->

Killerroboter

Killerroboter - LAWS



- LAWS := Lethal Autonomous Weapons System
- autonome Tötungsentscheidung
- aus Sicht von Militär und Regierungen (zunächst) viele Vorteile
- keine Science fiction: Pläne der US Regierung, auch China, Russland, Iran - in kurzer Zeit realisierbar

- Bewaffnete Drohne in Serie: http://de.engadget.com/2014/06/17/stinktier-anti-riot-drohne-schieszt-mit-gummigeschossen-und-tran/?ncid=rss_truncated
- ICRAC: http://icrac.net/2013/08/everyone-is-a-target/

- Militärisches Töten heute: klare Befehlskette + individuelle Verantwortlichkeit
- Problem bei LAWS:
  - Diffusion der Verantwortung
  - Fehlender gesunder Menschenverstand (Zivilist, Bedrohung)
  - Senkung der Hemmschwelle zur Kriegsführung
  - massenweise Tote bei der Gegenseite

Mehrere Drohnen führen in hunter-kill-Missionen (gezielte Tötung) zu höherer Erfolgsrate – Simulationsergebnissse
(The Effectiveness of Remotely Piloted Aircraft in a Permissive Hunter-Killer Scenario)

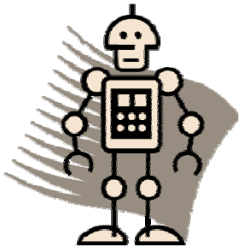
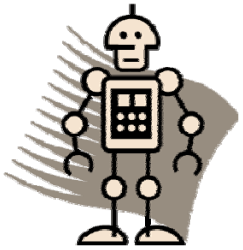


Figure S.2. Summary of Probability of Maintaining Track to the Kill Zone

	Weather	NIIRS ID Req.	1 RPA Base	1 RPA Gr-5	1 RPA Gr-4	1 RPA Gr-3	3 RPAs Base	3 RPAs Gr-5	3 RPAs Gr-4	3 RPAs Gr-3
Day	Clear	7.0	G	G	O	O	G	G	G	G
		8.0	Y	G	B	B	G	G	G	G
	Fog	7.0	G	G	R	B	G	G	G	G
		8.0	O	Y	B	B	G	G	G	Y
	Cloud	7.0	O	B	B	R	O	R	Y	G
		8.0	R	B	B	B	O	R	Y	G
Night	Clear	7.0	G	G	R	B	G	G	G	O
		8.0	G	G	B	B	G	G	G	O
	Fog	7.0	G	G	B	B	G	G	Y	R
		8.0	G	G	B	B	G	G	Y	R
	Cloud	7.0	O	R	B	B	O	O	G	Y
		8.0	R	R	B	B	O	R	G	Y

Scale (%)	
G	90 – 100
Y	80 – 90
O	70 – 80
R	50 – 70
B	0 – 50

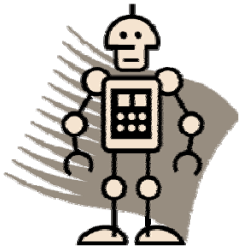
Meeting of Experts on Lethal Autonomous Weapons Systems (LAWS)



- 13.-16.Mai 2014, UNO, Genf:
- Nachdem eine Reihe von NGOs bereits seit geraumer Zeit fordern, autonome Killer-Roboter international zu ächten bzw. zu verbieten, wie das etwa bei Chemiewaffen der Fall ist, widmet sich jetzt auch die zuständige UNO-Organisation dem Thema: die **UN-Waffenkonvention** (vollständig: Konvention über das Verbot oder die Beschränkung des Einsatzes bestimmter konventioneller Waffen) soll um ein Protokoll zu **Killerbots** erweitert werden. Auf diesem Weg wurden bereits **Laserwaffen**, **Landminen, Sprengfallen und Brandwaffen** geächtet - das Abkommen zu Streumunition ist allerdings gescheitert. Der erste Schritt zu einem Killerbot-Protokoll soll unterdessen während einer Anhörung in Genf getan werden, die heute beginnt und bis Donnerstag abgeschlossen sein soll. Dabei sollen zunächst grundlegende Fragen geklärt werden, etwa wie ein Killer-Roboter überhaupt genau definiert wird.

ICRAC

International Committee for Robot Arms Control



- Kleine Gruppe besorgter Wissenschaftler, http://www.icrac.co.uk/
- The statement of the 2010 Expert Workshop on Limiting Armed Tele-Operated and Autonomous Systems, Berlin, 22nd September:
  Forderung nach internationalen Regelung kriegerischer Robotik mit dem Ziel

Verbot von

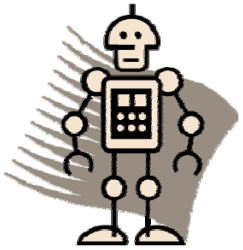
- Autonomen bewaffneten Systemen
- Bewaffnung autonomer oder ferngesteuerter Systeme mit Nuklearwaffen
- Autonomer Waffensysteme im Weltraum

Einschränkung von

- Anzahl, Reichweite, Laufzeit und Nutzlast bewaffneter ferngesteuerter Roboter
- Entwicklung unbemannter bewaffneter Systeme unter einer Mindestgröße

- „Wir sind nicht nur verantwortlich für das was wir tun, sondern auch für das, was wir widerspruchslos hinnehmen.“ Ernst Bloch (Philosoph, 1885-1977)

Ist der Roboter für seine Handlungen verantwortlich?



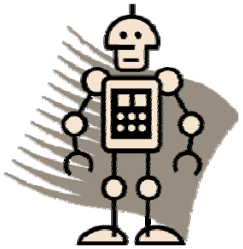
- Petermann T., Grünwald R., **Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung von unbemannter Systeme** – Endbericht zum TA-Projekt, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, 2011 – online verfügbar:
  - „Unbemannte Systeme, auch mit fortgeschrittener maschineller Intelligenz, bleiben technische Systeme, denen pflichtgemäßes und verantwortliches Handeln unter bewusster Abwägung von Alternativen nicht zugeschrieben werden können.
  - Einer Maschine lassen sich zwar Folgen kausal zuordnen, aber sie kann nicht moralisch verantwortbar gemacht (und im Übrigen auch nicht bestraft) werden..
  - Damit sei .. ein Einsatz vollständig autonomer Systeme, ohne den »man in the loop«, »nach den geltenden Regeln des *ius in bello nicht zu rechtfertigen*«

-> Es muss in einer militärischen Handlungskette eine Person geben.

-> <u>supervised</u> autonomy

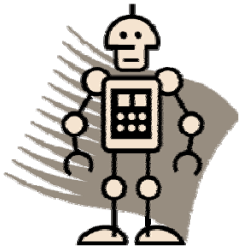
ius in bello = Recht <u>im</u> Krieg

Rückblick



- Ray Kurzweil‘s Prognose
- Militäreinsatz

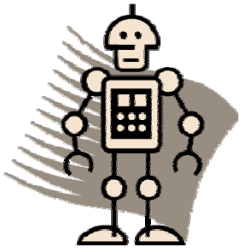
- => Next: Beispiele von Servicerobotern



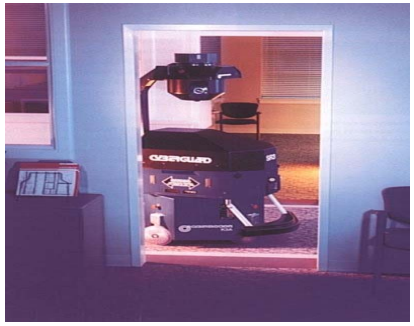
And now for something completely different …

Paro, Japan
Aging in place

IEEE and Fraunhofer IPA Database on Service Robots (Betrieb der DB leider eingestellt)

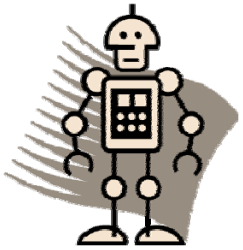


- Agriculture 2
- Care/Rehabilitation 16
- Cleaning 7
- Construction 2
- Demining 0
- Entertainment 3
- Fire-Fighting 1
- Hobby/Leisuretime 2
- Hotel/Restaurant 1
- Marketing 3
- Medical 7
- Monitoring 2
- Office 4
- Reconstruction 2
- Refueling 5
- Sorting 1
- Space 4
- Underwater 5



- siehe auch Buch „Service Roboter Visionen“ v Rolf Dieter Schraft, Martin Hägele, Kai Wegener (2004)

Eagles forever Fanbot



- Im Stadion der koreanischen Baseball-Mannschaft Hanwha Eagles
- Community: Laola-Welle, Schilder (LED-Screens) hochheben mit gesendeten Sprüchen, Gruppenbrüllen am wichtigen Momenten

Fanbot

Sie kochen. Sie bedienen. Sie räumen die Tische ab.

Robot Restaurant in Kunshan in China

- 15 Roboter
- Linienfolger, Koch,
- Sprachausgabe, wenige Sätze
- www.youtube.com/watch?v=PX6Gje9ajmc

Agriculture

Lely Astronaut
Welger GmbH Agrartechnik, DE
Melkroboter

Lely Astronaut

- Lely, NL, Marktführer ~ 7000 Installationen
- selbständiges Betreten, freier Kuhverkehr, nicht von der Herde getrennt
- Box: weicher Gummiboden mit Gewichtsensoren bestimmt Kuhpostion, RFID-Transponder
- Laserscanner findet Zitzen
- Roboterarm mit Melkbechern
- Bürstenreinigung des Euters, Ausspülen der Melkbecher
- Ausgabe von Kraftfutter
- Bestimmung der Keimzahl, blutiger Milch, Milchleistung

Vorteile: Flexibilität im Tagesablauf, Zeit, Milchleistung

Lely Voyager

Andere Roboter:

- Lely Voyager automatisches Beweidungssystem (Frontalgrasen, Streifenbeweidung, 2 Solarroboter, Bluetooth)
- Lely Discovery Mobile Stallreiniger (Ladestation, Dungpresslippe, Pfad-Teachin)

Lely Discovery

Agriculture

Plustech walking forestry manipulator
Plustech Oy, FI

- Sechsbeinige Laufmaschine zur Baumernte
- Schont den Waldboden
- Gleichmäßige Druckverteilung
- Teilautonom
- Steuerung per Joystick

- Entworfen 1999, niemals in Serie gebaut
- Seit 02/2011 in Lusto, The Finnish Forest Museum

Care / Rehabilitation

"Rolland" - Der Bremer Autonome Rollstuhl

Arbeitsgruppe "Kognitive Robotik„
BAALL – Bremen Ambient Assisted Living Lab
Universität Bremen, D

- Entwicklung seit 1997
- früher 27 Sonarsensoren, nun zwei Laserscanner, Odometrie
- Teilautonom bis autonom
- kontrolliert per Joystick, Touchscreen, Sprache, Kopfjoystick

- Assistenz: Geschwindigkeit je nach Hindernissituation
  - Umfahren von Hindernissen
  - Wenden auf der Stelle,
  - Hilfe bei Türdurchfahrt
- Autonome Fahrt zu Räumen

[http://www.aerzteblatt.de/]

Care / Rehabilitation

Assistenzroboter FRIEND

IAT - Institute of Automation
Universität Bremen, D

- Functional Robot with dexterous arm and user-frIENdly inteface for Disabled people
- Unterstützung Bhinderter im täglichen Leben und bei der Arbeit
- BMBF- und EU-Projekte
- Szenarien:
  - Mahlzeit zubereiten (Mikrowelle) und essen
  - Reintegration eines Schwerbehinderten an einen Arbeitsplatz in einer Bibliothek
  - Behindertenwerkstatt, Arbeitsplatz Sicht- und Funktionskontrolle von Tastenfeldern
- MANUS-Arm, Bildschirm, CAN-Bus, Stereokameras
- HMI: Joystick, Kinn, Sprache, Brain-Computer Interface
- Formale Modellierung von Aufgaben und Szenarien

Ojdanic, D. (2009). "Using Cartesian Space for Manipulator Motion Planning - Application in Service Robotics". PhD dissertation, University of Bremen

Care / Rehabilitation

PAM-AID

Personal Adaptive Mobility Aid (PAM-AID)
for the Infirm and Elderly Blind
O'Reilly Institute, Ireland

- Indoor-Blindenhund
- Gehhilfe, die unabhängige Bewegung ermöglicht
  - Hinderwarnung und –vermeidung,
  - Ansage von Landmarken, wie Abzweigungen und Kreuzungen
- Laserscanner, Sonar, Odometrie, Steuer
- Kreisförmige Pfade
- seit 1997
- Kommerzialisiert als ‚Guido', Fa. Haptica

- *Rentschler, Simpson, Cooper, Boninger: Clinical evaluation of Guido robotic walker, 2008*

Gerard Lacey and Kenneth M. Dawson-Howe: Personal Adaptive Mobility Aid (PAM-AID) for the Infirm and Elderly Blind

Care / Rehabilitation

MAid: Mobility Aid for Elderly and Disabled People

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung FAW, Uni Ulm, D

- MAid: Eine intelligente Mobilitätshilfe
- Rollstuhl
- Teilautonom: Unterstützung in beengten Umgebungen, bspw. rückwärts in eine behindertengerechte Toilette einparken
- Autonom: Fahrt zu bestimmten Punkten
- 2002

Cleaning

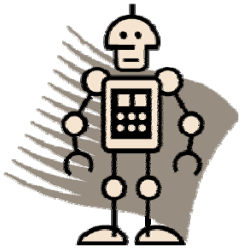
Cleaning Robot
(Minolta, JP)

Cleantec
(Hochschule für Gestaltung
FH Schwäbisch Gmünd, DE)

Cleaning system for
vaulted glass structures
(Fraunhofer IFF)

Sirius C
(Fraunhofer IFF, DE)

Markterfolg von Reinigungsrobotern?



Unzählige Projekte im Bereich der Reinigungsroboter schlagen fehl.

[Erwin Prassler in “Human friendly service robots: pitfalls, potentials, perspectives”]

„Why is it, that so far only so few products have become successful?“

- Geschäftsmodell
  - Don’t develop robots that serve disabled and elderly!
    They do not have the money. Develop robots that serve all people!
  - Don’t develop robotic wheelchairs! Develop people mover for amusement parks and make sure that an elderly person can use it!
- Leistungsfähigkeit
  - “limited worlds”: small number of distinguishable objects which can be reliably recognized and manipulated, limited set of (rigid) skills, trivial dialogues limited capabilities for interaction
  - robustness / reliability of nowadays methods and systems is sufficient for demos (even over several days) but far away from a state which allow to enter mass production
  - complexity of realistic tasks, environments, and systems is far from being mastered

Prassler, E. (2005). Human friendly service robots: pitfalls, potentials, perspectives. 15th German-Japanese IT Forum, Tokyo.

Dustbot

- Forschungsprojekt 2006-09, Universitäten Örebro (Schweden), Pisa, Florenz und Luzern (2.8M€)
- Sensorik: GPS, SMS, Laser, Sonar, IR-Abstand, Gassensor, Kompass, Beschleunigung, Odometrie, ZigBee-Landmarken
- Modifikation der Umgebung: Kameras, Funk-Landmarken, Sonarbeacons

2 Arten: Dustcart (Segway): Rufen per SMS, Müll reinwerfen, Abtransport

  – Dustclean: Strassenreinigung mit Bürste und Sauger

Dustcart

Dustclean

http://www.dustbot.org/

Cleaning

Skywash

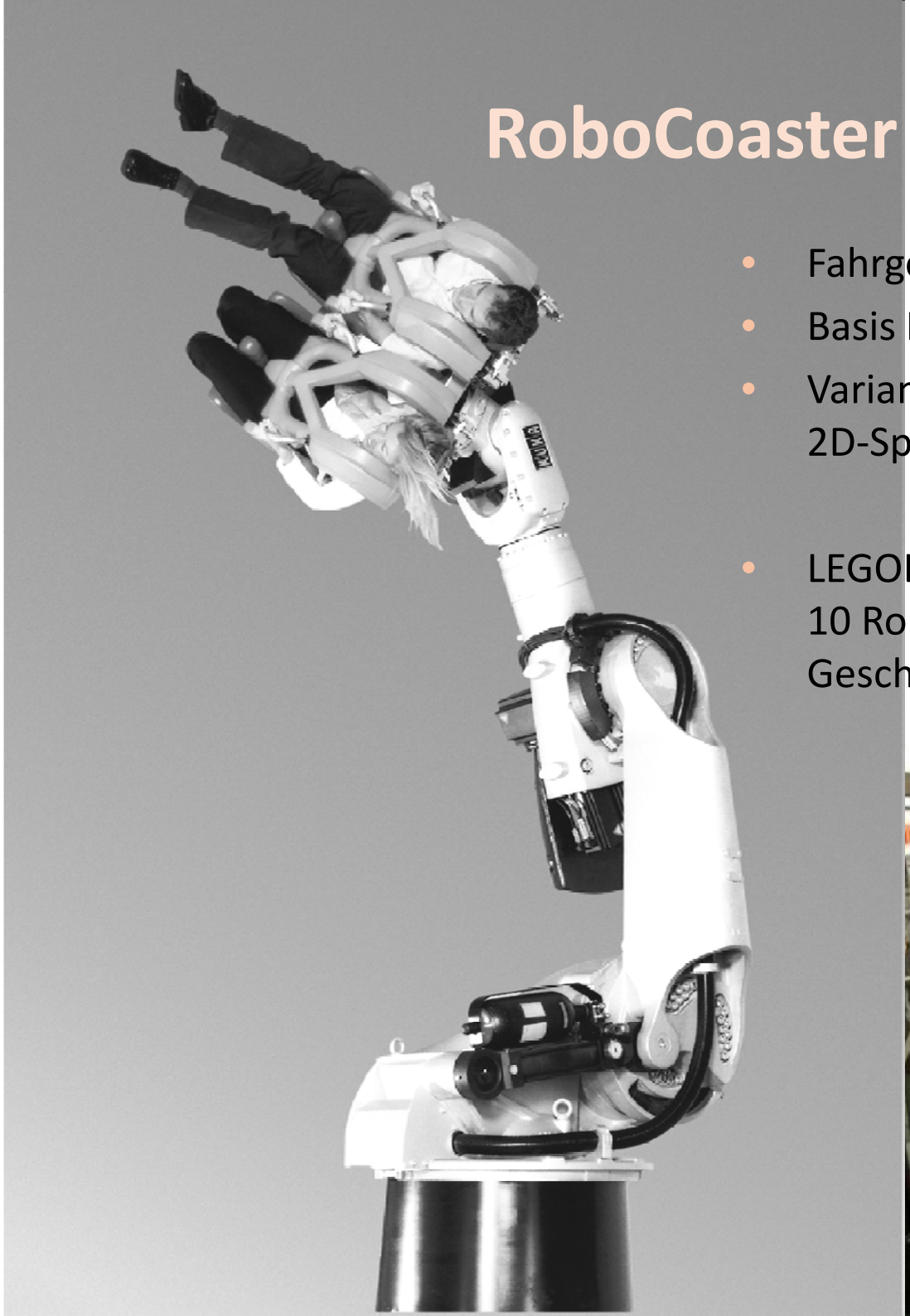
AEG/Dornier/FhG-IPA/Putzmeister AG, DE

- In a joint venture with AEG and Dornier, the Fraunhofer Institute IPA, the Putzmeister AG in Aichtal, Germany has developed the aircraft cleaning manipulator „Skywash„.

  Up to today, passenger aircraft cleaning is usually performed by man. Innumerous reasons, such as time efficiency just to name one of the most important ones, led to the conviction of developing and employing service robots in this area.
- Using 2 Skywash robots for cleaning a Boeing 747-400 jumbo jet, its grounding time is **reduced from 9 to 35 hours.** The world´s largest cleaning brush travels a distance of approximately 38 kilometers and covers a surface of around 2,400 m² which is about 85% of the entire plane´s surface area, including the exterior of its engines.

Eingestellt 2006
http://www.putzmeister.de/pm_online/data/RH_01004.pdf

RoboCoaster von KUKA



- Fahrgeschäft nach EN 13814 (DIN 4112).
- Basis KUKA Schwergewichtsroboter KR 500
- Varianten: 6-Achsen & fest oder 4-Achsen & 2D-Spur oder 2 Achsen & 3D-Spur

- LEGOLand (Dänemark, Billund):
  10 Robocoaster, Bewegungsprofil und Geschwindigkeit wählbar

Construction (90er Jahre)

Horizontal Drilling Device
(FlowTex, DE)

RoadRobot
(Vögele AG, DE)

Hobby / Leisuretime

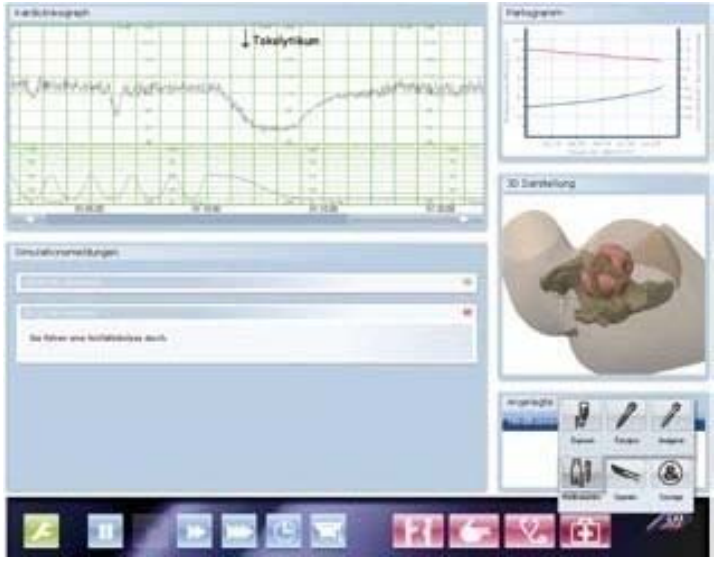
Intelecady
GolfPro Int, USA

- The Intelecady is a computer-generated, electrically powered golf caddie robot.
- It navigates around the golf course with its telecommunications skills and sensors. The Intelecady performs **all the exact same tasks that a human caddie** carries out.
- A small coded transmitter, attached to the golfer, takes care of personal identification: the Intelecady only follows its „master“. A digital map of the golf course is memorized on the on-board computer Zones where the caddie is not supposed to be are specifically marked on the map. The device stops right before steep inclines or downward slopes and it´s not until the golfer leaves this area that the Intelecady starts following him again. Its waiting mode is on whenever the golfer is in action putting his ball, so no disturbance occurs by movements of the robot.
- GolfPro International insolvent in 2001, 2 Feldinstallationen mit >50 Roboter

Medicine

Geburtssimulator SIMone
3B Scientific, D

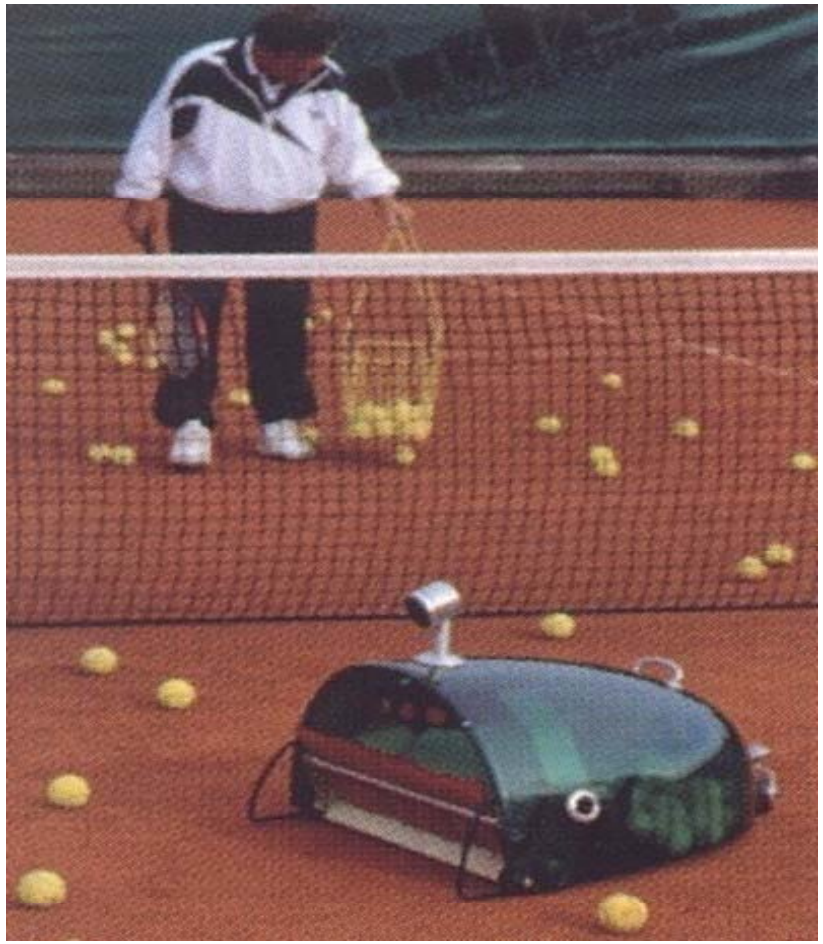
- ETH und Hospital Balgrist (Zürich), Klinikum rechts der Isar, TU München
- Kontrollierte Lernumgebung
- Training von:
  - Sauglocken- und Zangengeburt
  - Bestimmen der Lage des Kindes
  - Umgang mit Geburtskomplikationen mittels Anamnese, Befundung und Intervention (bspw. Medikament, Operation) mit simulierter Wirkung
- Haptik: Simulation von Zugwiderstand, optimaler Zugrichtung
- Atemgeräusche, Schmerzlaute, Herztöne des Kindes, Wehentätigkeit
- 3D-Darstellung der Bewegung und Lage des Babys
- Protokollierung zur späteren Analyse
- 35.581€ (9/2011)



Hobby / Leisuretime

Tennis Ball Collector

Hans Nopper/
Carnegie Mellon University/
Real World Interface, DE/USA



Google -> News “Roboter“

Lösch-Käfer „Ole“ (Offroad-Löscheinheit)

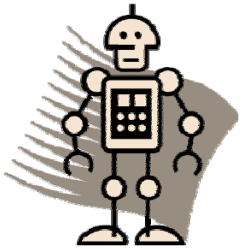
© FH Magdeburg Stendal

- Feuerlösch-Roboter: Eine Kugel als Waldbrandmeister
- Idee vom Institut für Industrial Design, Fachhochschule Magdeburg-Stendal, Studienprojekt
- Vorbild Saftkugler
- Sechsbein-Lauf-Roboter, Löschmitteltank, Impulslöschkanone
- Panzer hitzebeständig

News von 25.09.2006

Google -> News “Roboter“

Humanoider Roboter "Armar"



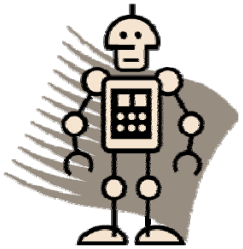
- Sonderforschungsbereich "Humanoide Roboter„ Universität Karlsruhe

- "Damit die Benutzer den Roboter tatsächlich akzeptieren, sollte er so menschenähnlich wie möglich sein" (Dr. Rüdiger Dillmann)

- menschenähnliche Gestalt
- menschenähnliche Bewegungen
- menschenähnliche Kommunikation (Sprache, Gestik, Lernen)

Google -> News “Roboter“

Elektronischer Sommelier



- Roboter verkostet Weine – Elektronischer Sommelier analysiert per Infrarot, NEC, Japan
- Japanischer Elektronikkonzern NEC + Mie University
- Roboter erkennt verschiedene Weinsorten und empfiehlt dazu den passenden Käse
- Infrarot-Spektrometer im linken Arm beleuchtet den Wein
  => 30 Weinsorten, enthaltene Traubensorten, Jahrgang
- ebenso Käsesorten

News von 12.09.2006

DLR-HIT-Hand

Multisensorielle 4-Finger-Hand. Auf Basis der DLR-Hand II haben Wissenschaftler des DLR und des Harbin Institute of Technology (HIT) gemeinsam eine multisensorielle Roboterhand entwickelt. Die DLR-HIT-Hand besteht aus vier Fingern mit jeweils vier Gelenken und drei Freiheitsgraden. Der Daumen verfügt über einen zusätzlichen Freiheitsgrad, um den unterschiedlichen Anforderungen für Feinmanipulation und Kraftgriffe gerecht zu werden. Als Antriebe werden bürstenlose Gleichstrommotoren mit analogen Hall Sensoren eingesetzt. Diese sind in den Fingern und in der Handwurzel integriert. Jedes Gelenk ist mit einem kontaktlosem magnetischem Winkelsensor und einem DMS-basierten Drehmomentsensor ausgestattet. Ein echtzeitfähiger Hochgeschwindigkeitsbus (25 Mbps) wurde mit Hilfe von FPGAs (Field Programmable Gate Array) implementiert. Für die serielle Kommunikation zwsichen Hand und dem externen Steuerungsrechner sind insgesamt nur vier Leitungen erforderlich. Ein zentraler Rechner - bestehend aus einem Signalprozessor auf einer PCI-Einsteckkarte in einem handelsüblichen PC - steuert die Hand. Eine bedienerfreundliche Schnittstelle ermöglicht die Kommandierung der Hand vom PC aus. Gleichzeitig können alle Sensordaten der Hand auf dem Bildschirm dargestellt werden.Die hier vorgestellte DLR-HIT-Hand ist eine Weiterentwicklung der DLR-Hand II, welche weltweit anerkannt und in technischer Hinsicht führend ist.

Hersteller: DLR-HIT

Alle Preise exkl. MwSt.

Artikelnummer	Preis EUR
DLR-HIT	[redacted]

Universalgreifer aus feinkörnigem Material mit Vakuum

Funktionsprinzip: Phasenübergang granularer Materialien von plastisch zu fest bei Druck

- feinkörniges Material (bspw. Sand) in einer Hülle
- Greifer wird auf ein Objekt gedrückt und passt sich an die Objektform an
- Anlegen eines Vakuums an die Hülle
  -> der Greifer wird fest
- Zum Loslassen wird das Vakuum gelöst
- Volumenänderung kleiner 0.5% genügt für festen Griff

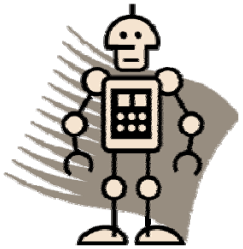
- Cornell Creative Machines Lab

Brown, E., Rodenberg, N., Amend, J., Mozeika, A., Steltz, E., Zakin, M., Lipson, H., Jaeger, H. (2010) "Universal robotic gripper based on the jamming of granular material," Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), Vol. 107, no. 44, pp.18809-18814.

First ever World Championship in Robotic Sailing on Lake Neusiedl in Austria 05/2008

Robot boats can sail to any destination, only requiring to enter the target coordinates. The optimum route is calculated based on weather data in real-time and is adapted permanently considering the leeway. Sensor data are analysed by means of artificial intelligence and used for determining the rudder and sailing position. [www.roboticsailing.org]

Zum Abschluss

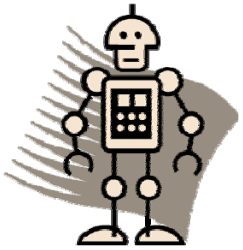


- Film BigDog, Robotermaultier DARPA
- Roboternews: www.botjunkie.com

- Film „Oh Gott, es lebt“
  - **Anne Foerst**, Robotertheologin: „Letzlich werden Roboter unsere Mitgeschöpfe“
  - **Hans Moravec**, Professor für Robotik, CMU: „Ich sehe diese Maschinen als unsere Nachkommen„
  - **Ray Kurzweil**: Maschinen im Körper und Gehirn, Verbindungen mit hoher Bandbreite => ++ bei Wahrnehmung, Gedächtnis, Logik
  - **Sebastian Thrun**, Gewinner Grand Challenge 2005, Partikelfilter
  - **Stanislaw Lem**, SF-Autor:

    „Man muss stark unterscheiden zwischen dem, was wir haben, und was ist in ferner Zukunft“

  - **Rodney Brooks**, MIT, Subsumption, COG, iRobot



„Wenn wir Glück haben, werden uns die Roboter als Haustiere behalten“

Marvin Minsky

(Zitat zugesprochen, keine Quelle)

„If we‘re lucky, they might decide to keep us as pets“