

Autonome Systeme und das Internet der Dinge

04.05.2017, Wien



Dr. Oliver Stiemerling*
Diplom-Informatiker

ecambria systems GmbH
Herzogenrather Str. 11
50933 Köln

Tel +49 (0) 221 595527-0

Fax +49 (0) 221 595527-5

os@ecambria-experts.com

<http://www.ecambria-experts.com>

* von der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Systeme und Anwendungen der Informationsverarbeitung

Hintergrund des Vortrags: Tätigkeit als Informatiker in konstruktiven Projekten und als IT-Sachverständiger



Gesellschaft
für Informatik

GI-Regionalgruppe Köln

- 900+ Mitglieder
- 4 offene Themenabende pro Jahr zu aktuellen Informatik-Themen
 - IoT
 - Robotics
 - Industrie 4.0
 - FinTech, BitCoin
 - Big Data
 - ...



FG-EI - Fachgruppe Elektrotechnik und Informationstechnik
öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige / Gutachter

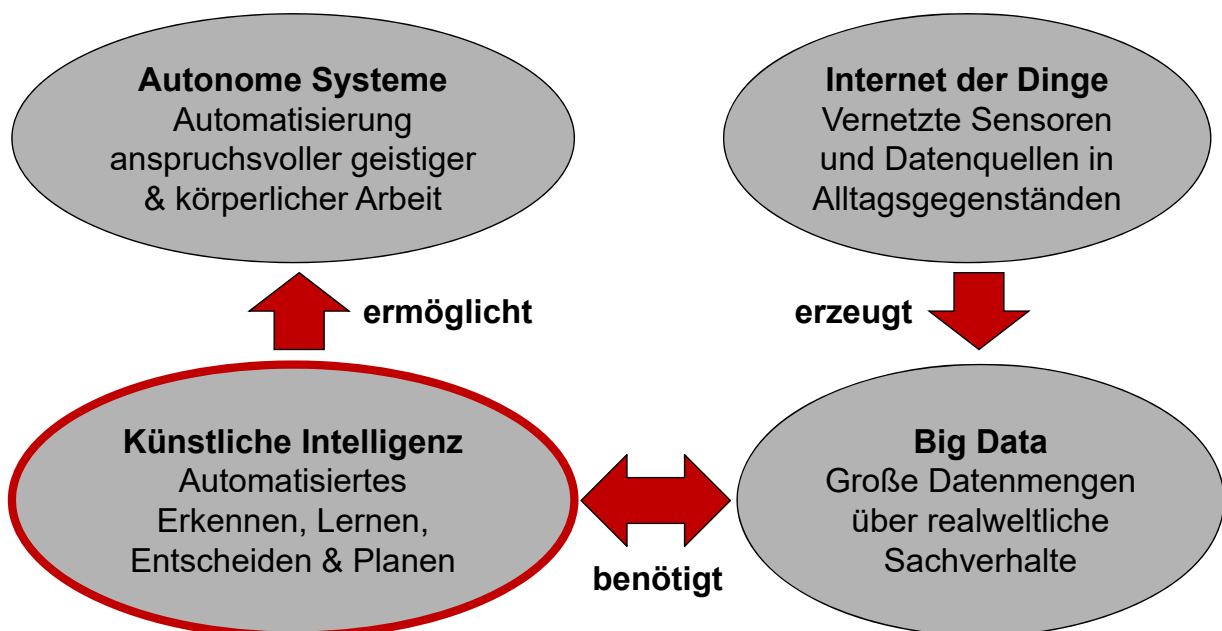
- 60+ ö.b.u.v. Sachverständige
- Software + Hardware
- 2 Konferenzen pro Jahr
- Erstellung und Abstimmung von ITK-Begutachtungsstandards (z.B. zu Wertgutachten, Projektgutachten, Softwareähnlichkeit, Usability...)
- Gutachten für Gerichte, Versicherungen, Unternehmen, Privatpersonen

Autonome Systeme ... und ... das Internet der Dinge



- Maschinen treffen wichtige Entscheidungen automatisch
 - Maschinen agieren in der realen Welt
 - Mobilität, aber auch digitale Datenverarbeitung
 - **Pro:** Qualitätsverbesserungen, Sicherheit, Effizienz
 - **Contra:** Arbeitslosigkeit, Kontrollverlust, „Singularität“
- Dinge haben eine ID, Sensoren, Aktoren und sind vernetzt
 - Die Grenze zwischen der realen und virtuellen Welt verwischt
 - Im Haushalt, personengebunden, in der Produktion, in der Umwelt
 - **Pro:** Keine Medienbrüche, Automatisierung, neue Erkenntnis
 - **Contra:** Personenbezug vieler Dinge, proprietäre Erkenntnisse

„Unter der Motorhaube“ beider Themen: Künstliche Intelligenz



Agenda

- Ansätze und Technologien der „Künstlichen Intelligenz“
 - Mustererkennung
 - Lernen
 - Entscheiden
 - Planen
- Anwendung bei autonomen Systemen
 - Wie nimmt ein autonomes System die Welt wahr?
 - Wie trifft ein autonomes System (Fehl-)Entscheidungen?
- Internet der Dinge
 - Klassifikation im Thing-Consumer-Business-Raum
 - Arten von Sensoren im Smart Home
- Thesen und Fragen für die rechtliche Diskussion

Agenda

- Ansätze und Technologien der „Künstlichen Intelligenz“
 - Mustererkennung
 - Lernen
 - Entscheiden
 - Planen
- Anwendung bei autonomen Systemen
 - Wie nimmt ein autonomes System die Welt wahr?
 - Wie trifft ein autonomes System (Fehl-)Entscheidungen?
- Internet der Dinge
 - Klassifikation im Thing-Consumer-Business-Raum
 - Arten von Sensoren im Smart Home
- Thesen und Fragen für die rechtliche Diskussion

Künstliche Intelligenz: Eine Vielzahl von Ansätzen und Technologien, die geistige Leistungen des Menschen nachahmen oder sogar übertreffen

1. **Mustererkennung:** Erkennen von Regelmäßigkeiten in Bildern, Sprache, etc.
2. **Maschinelles Lernen:** Konzeptbildung, Hypothesen, Regelgenerierung, etc.
3. **Expertensysteme:** Regelbasiertes Schließen, Bewertung von Sachverhalten, Entscheiden etc.
4. **Maschinelles Planen und Handeln:** Routen und Bewegungsplanung autonomer Fahrzeuge, Robotik, etc.

Künstliche Intelligenz: Eine Vielzahl von Ansätzen und Technologien, die geistige Leistungen des Menschen nachahmen oder sogar übertreffen

1. **Mustererkennung:** Erkennen von Regelmäßigkeiten in Bildern, Sprache, etc.
2. **Maschinelles Lernen:** Konzeptbildung, Hypothesen, Regelgenerierung, etc.
3. **Expertensysteme:** Regelbasiertes Schließen, Bewertung von Sachverhalten, Entscheiden etc.
4. **Maschinelles Planen und Handeln:** Routen und Bewegungsplanung autonomer Fahrzeuge, Robotik, etc.

Zu 1. Mustererkennung

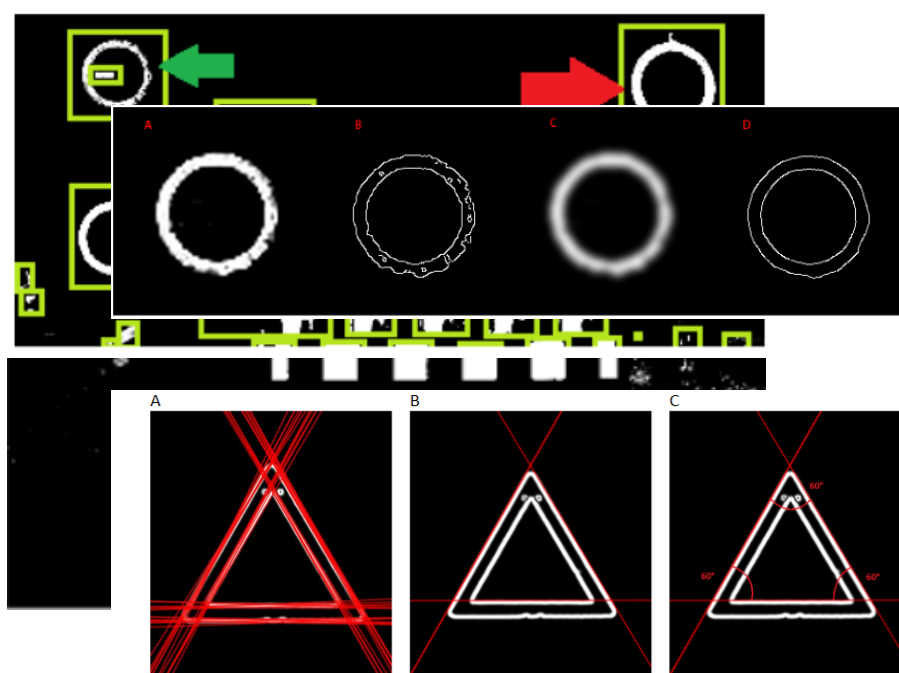
= Extrahierung relevanter Informationen aus umfangreichen, unstrukturierten und ggf. sogar störungsbehafteten Realweltdaten (z.B. erzeugt von Sensoren, Kameras oder Mikrofonen)



Quelle: www.volkswagen.de

Zentrale Herausforderung: Ermittlung von (in Bezug auf die zu erkennenden Gegenstände) trennscharfen und automatisch feststellbaren Charakteristika.

Schrittweise, analytische Vorgehensweise: von einer „Pixelsammlung“ zu einem erkannten Verkehrsschild



Quelle: Automatisierung der Kartographie von Straßenschildern
Bachelorarbeit, Philipp Unger, 2013

Künstliche Intelligenz: Eine Vielzahl von Ansätzen und Technologien, die geistige Leistungen des Menschen nachahmen oder sogar übertreffen

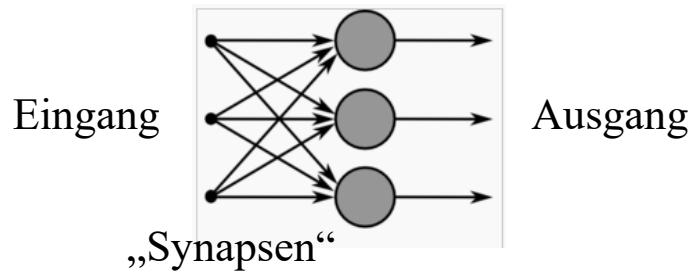
1. **Mustererkennung:** Erkennen von Regelmäßigkeiten in Bildern, Sprache, etc.
2. **Maschinelles Lernen:** Konzeptbildung, Hypothesen, Regelgenerierung, etc.
3. **Expertensysteme:** Regelbasiertes Schließen, Bewertung von Sachverhalten, etc.
4. **Maschinelles Planen und Handeln:** Routen und Bewegungsplanung autonomer Fahrzeuge, Robotik, etc.

Zu 2. Maschinelles Lernen

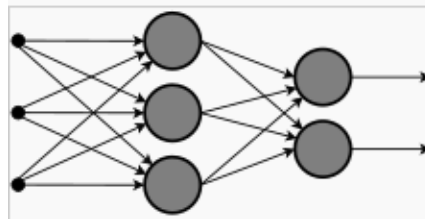
= Erkennung von Bedeutungszusammenhängen in Datenbeständen

- **Überwachtes Lernen**, bei dem ein „Lehrer“ zu jedem Trainingsdatensatz das zu lernende Ergebnis vorgibt.
- **Unüberwachtes Lernen**, bei dem das System selbstständig Kategorisierungen und Zusammenhänge aus großen Datenbeständen extrahiert.
- **Bestärkendes Lernen**, bei dem ein agierendes System positives oder negatives Feedback aus der Realwelt bekommt und entsprechend sein Verhalten anpasst.

Beispiel für überwachtes Lernen: Trainierte, neuronale Netzwerke



- Gewichte der „Synapsen“ werden beim Lernen verändert.
- Nach der Trainingsphase führen bestimmte Eingangswerte zu gewünschten Ausgangswerten.
- Mehrschichtige Netzwerke können besser „abstrahieren“ und damit mehr Aufgaben lösen („deep“ learning):



Verkehrszeichenerkennung durch trainierte neuronale Netzwerke

- Beispiel: Ciresan et al. 2012
- Mehrschichtiges Netz
- Trainingsdatensatz: 39.209 Bilder
- Testdatensatz: 12.630 Bilder
- Resultat: 99,46% korrekte Erkennung (Mensch: 98,31%)
- Probleme: Bei Schatten und schlechtem Kontrast



- Fazit: Bei speziellen Aufgaben können neuronale Netze Menschen schlagen. Sie machen dann andere, aber weniger Fehler.

Lernen aus großen Datenbeständen: Entdecken von „Wenn-Dann“-Regeln, die Zusammenhänge zwischen Datenattributen darstellen

- Beispiel: Vorhersage von plötzlichem Fahrbahnwechselfverhalten
- Attribute:
 - Relative Geschwindigkeit zum vorherigen Fahrzeug
 - Eigene Position relativ zum beobachteten Fahrzeug (inkl. toter Winkel)
 - Art des Fahrzeugs (Lieferwagen, PKW)
 - Automarke (BMW, Fiat, Mercedes, Smart, ...)
 - Nummernschild
 - ...
 - Zielattribut: Fahrbahnwechsel bei 50 m bis 0 m Abstand
- Datensammlung über 200.000.000 aufgezeichnete Situationen
- (Hypothetisches) Ergebnis: Wenn > 5 km/h schneller und Art = „Lieferwagen“, dann 60% Wahrscheinlichkeit des Fahrbahnwechsels bei 50 m bis 0 m Abstand

Herausforderungen beim Maschinenlernen

- Große Mengen von möglichen Regeln können zu groß für „brute-force“-Ansätze sein.
- Anfälligkeit für Fehler in den Basisdaten bei diskreten Methoden.
- Irrelevanz von Attributen.
- Verlaufsdaten erlauben die Generierung von beliebig vielen Attributen und Attribut-Kombinationen („*Fährt während der Woche morgens immer zu einer Kita*“ und „*Geht Sonntags in eine Kirche*“)
- These: Maschinen können Zusammenhänge aus großen Datenbeständen „lernen“, die Menschen verborgen bleiben. Allerdings gibt es kombinatorische Grenzen, die nur durch „menschliches“ Hintergrundwissen umgangen werden können. Menschen können „intelligente“ Hypothesen entwickeln.

Künstliche Intelligenz: Eine Vielzahl von Ansätzen und Technologien, die geistige Leistungen des Menschen nachahmen oder sogar übertreffen

1. **Mustererkennung:** Erkennen von Regelmäßigkeiten in Bildern, Sprache, etc.
2. **Maschinelles Lernen:** Konzeptbildung, Hypothesen, Regelgenerierung, etc.
3. **Expertensysteme:** Regelbasiertes Schließen, Bewertung von Sachverhalten, etc.
4. **Maschinelles Planen und Handeln:** Routen und Bewegungsplanung autonomer Fahrzeuge, Robotik, etc.

Zu 3. Expertensysteme: Anwendung von explizit modelliertem Wissen als Grundlage für Entscheidungen

- Expertensysteme basieren auf vom Menschen vorgegebenem oder automatisch gelerntem Regelwissen
- Häufig in Form von „Wenn-Dann“-Regeln
- Einsatz in der Diagnose, Vorhersage, Beratung, ...

```
/* classification rules */
mammal :- verify(has_hair), !.
mammal :- verify(gives_milk).
bird :- verify(has_feathers), !.
bird :- verify(flys),
        verify(lays_eggs).
carnivore :- verify(eats_meat), !.
carnivore :- verify(has_pointed_teeth),
            verify(has_claws),
            verify(has_forward_eyes).
```

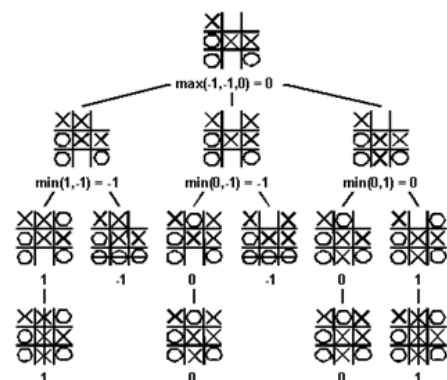
Quelle: <https://gist.github.com/adrianomelo/207c4da2f50744f04c9d>

Künstliche Intelligenz: Eine Vielzahl von Ansätzen und Technologien, die geistige Leistungen des Menschen nachahmen oder sogar übertreffen

1. **Mustererkennung:** Erkennen von Regelmäßigkeiten in Bildern, Sprache, etc.
2. **Maschinelles Lernen:** Konzeptbildung, Hypothesen, Regelgenerierung, etc.
3. **Expertensysteme:** Regelbasiertes Schließen, Bewertung von Sachverhalten, etc.
4. **Maschinelles Planen und Handeln:** Routen und Bewegungsplanung autonomer Fahrzeuge, Robotik, etc.

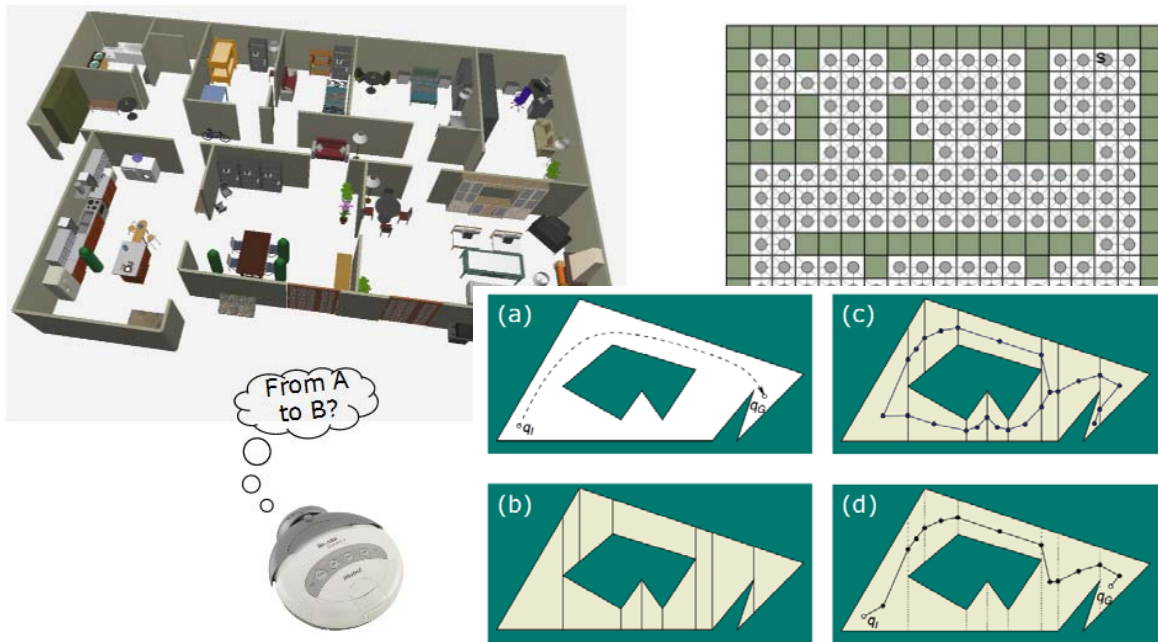
Zu 4. Maschinelles Planen: Finde die „beste“ Handlungsalternative aus einer Menge von Möglichkeiten

- Beispiel Schach (Finde den Zug, der mit der größten Wahrscheinlichkeit zum Sieg führt)
- Beispiel Navigation (Finde den Weg, der in der kürzesten Zeit zum Ziel führt)



- Herausforderungen:
 - Sehr große Mengen von Möglichkeiten (z.B. bei GO)
 - Planen über lange Zeiträume
 - Unsicherheit über das Verhalten von anderen Akteuren (z.B. Verkehrsteilnehmer)
 - Unsicherheit über die tatsächliche Sachlage (schlechte Sensorik oder sich ändernde Umgebung)

Bewegungsplanung für mobile Roboter

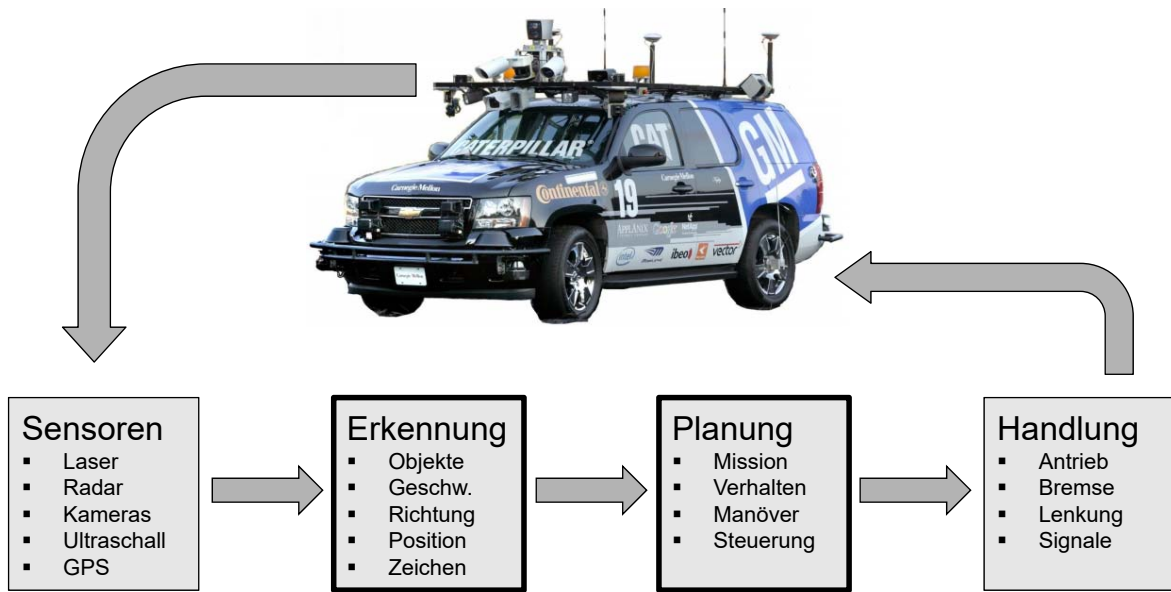


Quelle: Uni Freiburg, „Introduction to mobile robotics“, Burgard et al.

Agenda

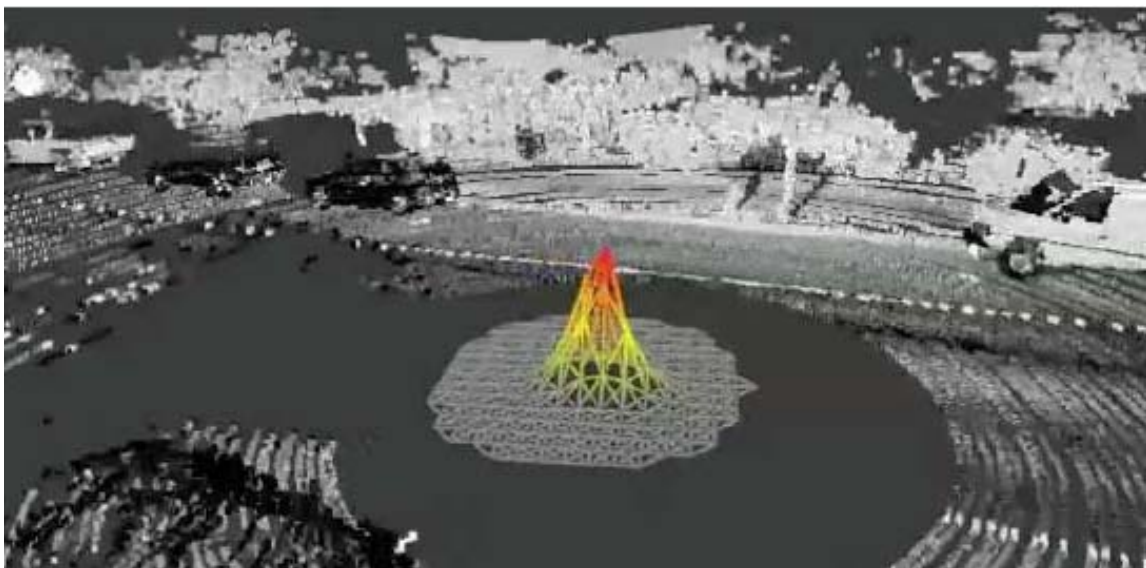
- Ansätze und Technologien der „Künstlichen Intelligenz“
 - Mustererkennung
 - Lernen
 - Entscheiden
 - Planen
- Anwendung bei autonomen Systemen
 - Wie nimmt ein autonomes System die Welt wahr?
 - Wie trifft ein autonomes System (Fehl-)Entscheidungen?
- Internet der Dinge
 - Klassifikation im Thing-Consumer-Business-Raum
 - Arten von Sensoren im Smart Home
- Thesen und Fragen für die rechtliche Diskussion

Architektur eines autonomen Systems (hier: BOSS, der Gewinner der DARPA Urban Challenge)



Quellen: Urmson et al, 2008, „Autonomous Driving in Urban Environments: Boss and the Urban Challenge“
Carnegie Mellon University’s Boss (1. Platz bei der DARPA Urban Challenge)

Fakten über die Umwelt sind als Wahrscheinlichkeitsverteilungen modelliert, z.B. der eigene Standort als Ergebnis der Verarbeitung der GPS-Signale, mehrerer Sensoren (LiDAR) und Kartendaten



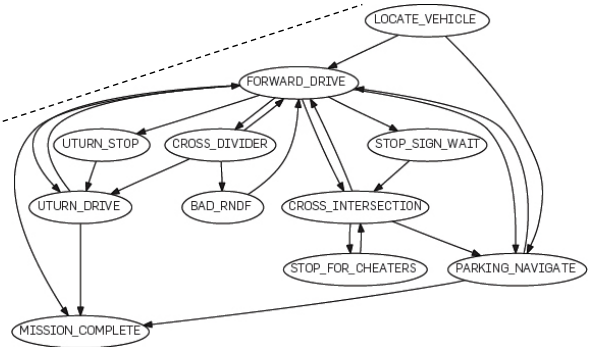
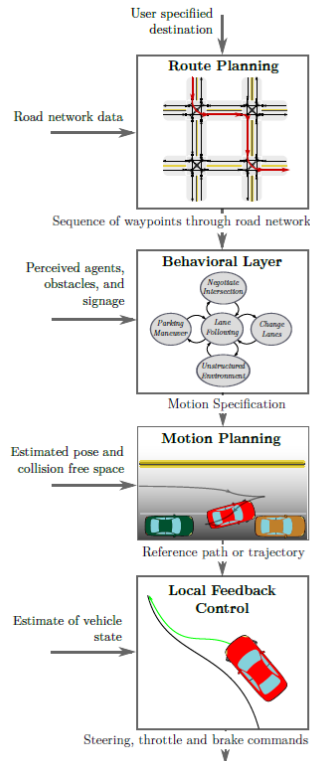
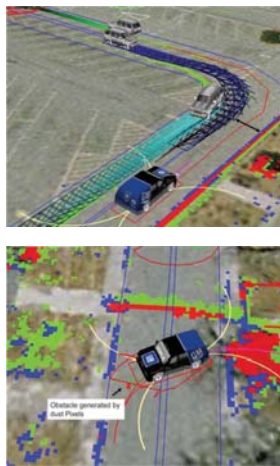
Quelle: Levinson et al, 2011, „Towards Fully Autonomous Driving: Systems and Algorithms“
Stanford’s Junior (2. Platz bei der DARPA Urban Challenge)

Fehlermöglichkeiten autonomer Systeme

- Planung**

 - Mission
 - Verhalten
 - Manöver
 - Steuerung

INPUT:
Sensordaten / Erkennung



Fehlermöglichkeiten:

- Ungenaue Sensoren
- Falsche Erkennung / Vorhersage
- Falsche Karten
- Falsche Regeln
- Fehlerhafte Aktoren
- Situationen mit Lösungsraum = 0

Paden et al, 2016, „A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-driving Urban Vehicles“
 Sebastian Thrun, 2010: “Toward Robotic Cars”, Communications of the ACM, Vol. 53 No. 4, Pages 99-106

Agenda

- Ansätze und Technologien der „Künstlichen Intelligenz“
 - Mustererkennung
 - Lernen
 - Entscheiden
 - Planen
- Anwendung bei autonomen Systemen
 - Wie nimmt ein autonomes System die Welt wahr?
 - Wie trifft ein autonomes System (Fehl-)Entscheidungen?
- Internet der Dinge
 - Klassifikation im Thing-Consumer-Business-Raum
 - Arten von Sensoren im Smart Home
- Thesen und Fragen für die rechtliche Diskussion

Internet of Things (IoT): Auflösung der Grenze zwischen der realen und virtuellen Welt

- Grundsätzliche Eigenschaften von IoT-“Dingen“:
 - Elektronisch lesbare **ID-Nummer** (RFID, m.E. auch Barcode, ...)
 - **Sensoren** (z.B. Ort via GPS, Herzschlag, Kamera, Mikrofon...)
 - **Aktoren** (z.B. Kühlaggregat, Schrittmotoren Kamera, Lautsprecher...)
 - **Konnektivität** (z.B. Wifi, Ethernet, GSM, ...)
- Beliebige Kombinationen denkbar

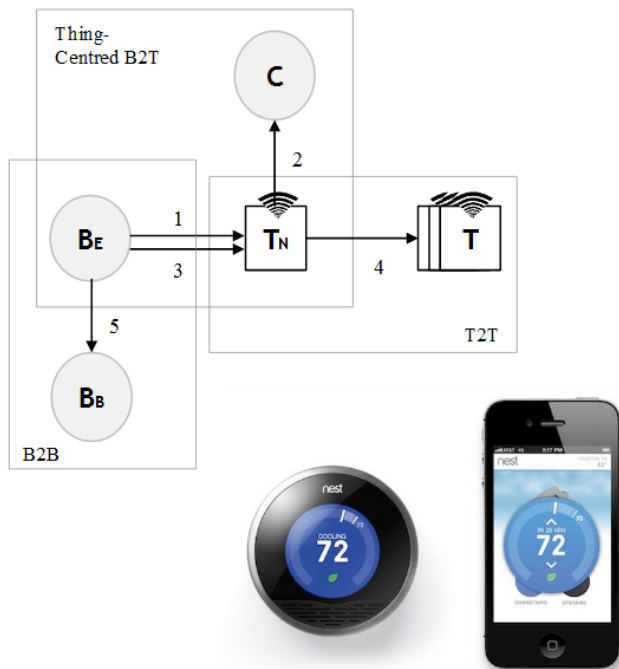
Jahr	2015	2020
Anzahl Devices	4,9 Mrd.	26 Mrd.
Umsatz Potenzial	\$69,5 Mrd.	\$263 Mrd.

Quellen: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>;
<http://www.gartner.com/newsroom/id/2905717>

Grundsätzliche Nutzungsmuster bei Konsumenten und Dingen (nach Kees et al. 2015)

Interaktionsmuster	Beispiel	Interaktionsmuster	Beispiel
<p>C2T-Only</p>	<p>Connected Pillbox – Smarter Medikamentenwecker</p>	<p>Business-Centred B2T</p>	<p>CGM Device – Professionelle Blutzuckermessung</p>
<p>B2T-Only</p>	<p>Recycling Bin – Smarte Müllabfuhr</p>	<p>Thing-Centred B2T</p>	<p>Tesla Car – Automatisches Software-Update</p>
<p>Customer-Centred B2T</p>	<p>HAPIfork – Ernährungscoaching</p>	<p>All-In B2T</p>	<p>Safety Watch – Notruf und Ferndiagnose</p>

Kombinationen von Interaktionsmustern



Quelle: Kees et al. 2015

Controlpanel



Quelle (auch folgende Folie): Vortrag Sascha Hotz, GI Köln Themenabend IoT

Typische Sensoren im SmartHome

- Fensterzustand (auf/zu)
- Türenzustand (auf/zu)
- Temperatur/Luftfeuchtigkeit im Zimmer
- Gerätezustand (Fernseher an/aus)
- Toilettendeckel (auf/zu)
- Heizungsstatus (Ventil % offen)
- Lichtstatus im Zimmer
- Bewegungssensor / Videokameras
- Geräuschsensor (inkl. Digital Assistents)
- Feuer-/Rauchsensor
- Strom/Gasverbrauch
- Anwesenheit von Bewohnern (Bluetooth des Smartphones)
- Kühlschranktemperatur / Öffnungssensor
- Bodenfeuchtigkeit im Garten
- Badezimmerwaage
- Blutdruckmessgerät
- ...



Agenda

- Ansätze und Technologien der „Künstlichen Intelligenz“
 - Mustererkennung
 - Lernen
 - Entscheiden
 - Planen
- Anwendung bei autonomen Systemen
 - Wie nimmt ein autonomes System die Welt wahr?
 - Wie trifft ein autonomes System (Fehl-)Entscheidungen?
- Internet der Dinge
 - Klassifikation im Thing-Consumer-Business-Raum
 - Arten von Sensoren im Smart Home
- Thesen und Fragen für die rechtliche Diskussion

Zusammenfassung

- In engen, vorgegebenen Aufgabengebieten mit kontrollierten Eingabedaten kann „intelligente“ Software heute bessere „geistige“ Leistungen erzielen als Menschen.
- Aber: Bisher keine allgemeine Lösungskompetenz, keine Übertragbarkeit von Konzepten, kein „Bewusstsein“ oder „Wille“.
- Autonome Systeme basieren auf von Menschen entwickelten und kontrollierten heuristischen und statistischen Verfahren, oft verbunden mit großen Datenmengen.
- „KI = Statistik + Big Data“*.
- Mit Hilfe von Methoden der KI kann man aus großen Datenbeständen neue, Menschen bisher nicht zugängliche Erkenntnisse gewinnen. Relevante Hypothesen werden aber immer noch von Menschen erstellt und dann maschinell getestet.
- „**Neue Erkenntnisse = Mensch * (Statistik + Big Data)**“

*<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Kommentar-zu-KI-und-digitalen-Assistenten-Mehr-Statistik-als-Intelligenz-3342577.html>

Kernthesen und resultierende Fragen für die rechtliche Diskussion

- These 1: **Auch fehlerfrei implementierte autonome Systeme treffen Fehlentscheidungen. Diese sind ex post nachvollziehbar und zuordenbar.**
- Aber: Was ist Konstruktionsfehler, was liegt in der Natur der Sache?
- Gutachter-Perspektive: Starke Ausrichtung der Beurteilung am Stand der Technik analog zur IT-Sicherheit
- Ab welcher Fehlerrate bei welchen Fehlerarten sollten solche Systeme zugelassen werden?
- These 2: **Big Data ist (nur) der Rohstoff für neue Erkenntnisse**
- Je mehr Menschen Zugriff auf diese Datenbestände haben, umso eher werden nützliche neue Erkenntnisse gewonnen.
- Aber: Wem gehören große Datenbestände, die aus der realen Welt / von realen Personen generiert wurden? Darf es Datenmonopole geben? Wem gehören die gewonnenen Erkenntnisse?

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen?**

Dr. Oliver Stiernerling



ecambria® experts

IT-Sachverständige und
Gutachter bei der
ecambria systems GmbH
Herzogenrather Str. 11
50933 Köln

Tel. +49 (0) 221 595527-0
Fax. +49 (0) 221 595527-5

www.ecambria-experts.de
os@ecambria-experts.de

Oliver Stiernerling ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Systeme und Anwendungen der Informationsverarbeitung. Er erstellt Gutachten und bewertet Sachverhalte der Informationsverarbeitung für Gerichte, Anwälte, Parteien, Unternehmen, Versicherungen und Privatpersonen in ganz Deutschland und Europa. Schwerpunkte sind insbesondere Gutachten zu Softwareprojekten in Krisensituationen, eBusiness & eCommerce, Internet, Lasten- und Pflichtenhefterstellung, Ausschreibungen, CRM, IT-Sicherheit und Datenschutz.

Oliver Stiernerling hat an den Universitäten Bonn und Warwick (Großbritannien) Informatik mit Betriebswirtschaftslehre im Nebenfach studiert. An der Universität Bonn promovierte er über Customizing auf Basis komponentenbasierter Softwarearchitekturen und arbeitete danach als Gastwissenschaftler in Frankreich im Forschungslabor von Xerox. Er ist seit 1992 als unabhängiger IT-Berater für große international agierende Unternehmen sowie für Mittelständler in unterschiedlichen Branchen tätig und gründete im Jahr 2000 die ecambria systems GmbH.