

**LERNENDE
MASCHINEN**
02.05.2017

**INDUSTRIE
4.0**
23.05.2017

**SPRACH-
DIALOGE**
09.05.2017

**KÜNSTLICHE
INTELLIGENZ**
KI

**BIG
DATA**

**TEAM-
ROBOTIK**
30.05.2017

**AUTONOME
SYSTEME**
16.05.2017

**ALTERS-
ASSISTENZ**

**SMART
SERVICE**

**SICHER-
HEIT**

**EMOTION &
VERHALTEN**

Robotik & Künstliche Intelligenz

Die nächste Generation der Roboter

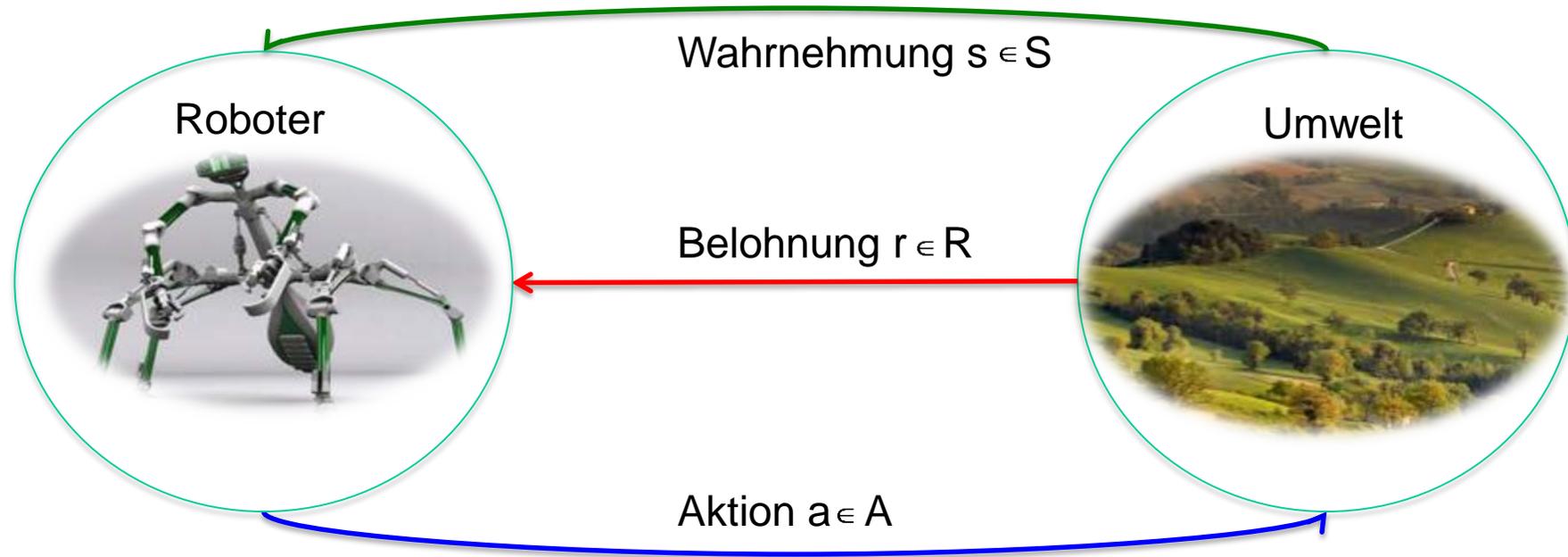
Prof. Dr. rer. nat. Frank Kirchner

University of Bremen

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH



Das Roboterproblem



Funktion, die Wahrnehmungen auf Aktionen abbildet

$$[f: S \rightarrow A]$$

Die langfristig zu erwartende Belohnung maximiert

$$E [r(t) + \gamma^1 r(t+1) + \gamma^2 r(t+2) + \gamma^3 r(t+3) + \dots] = Q(s,a)$$

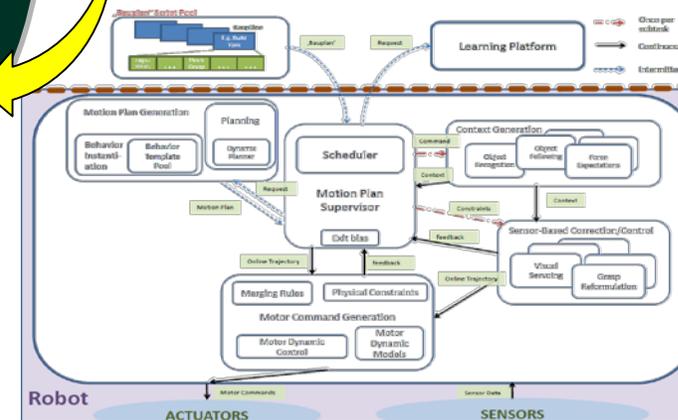
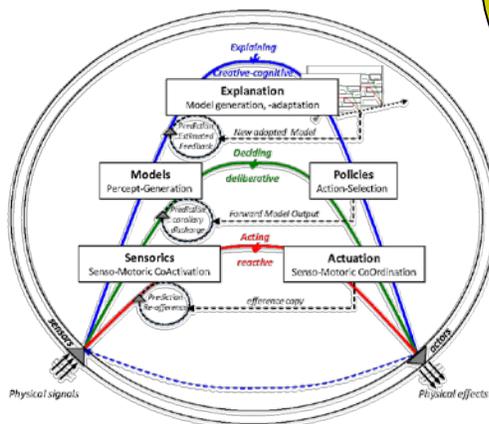
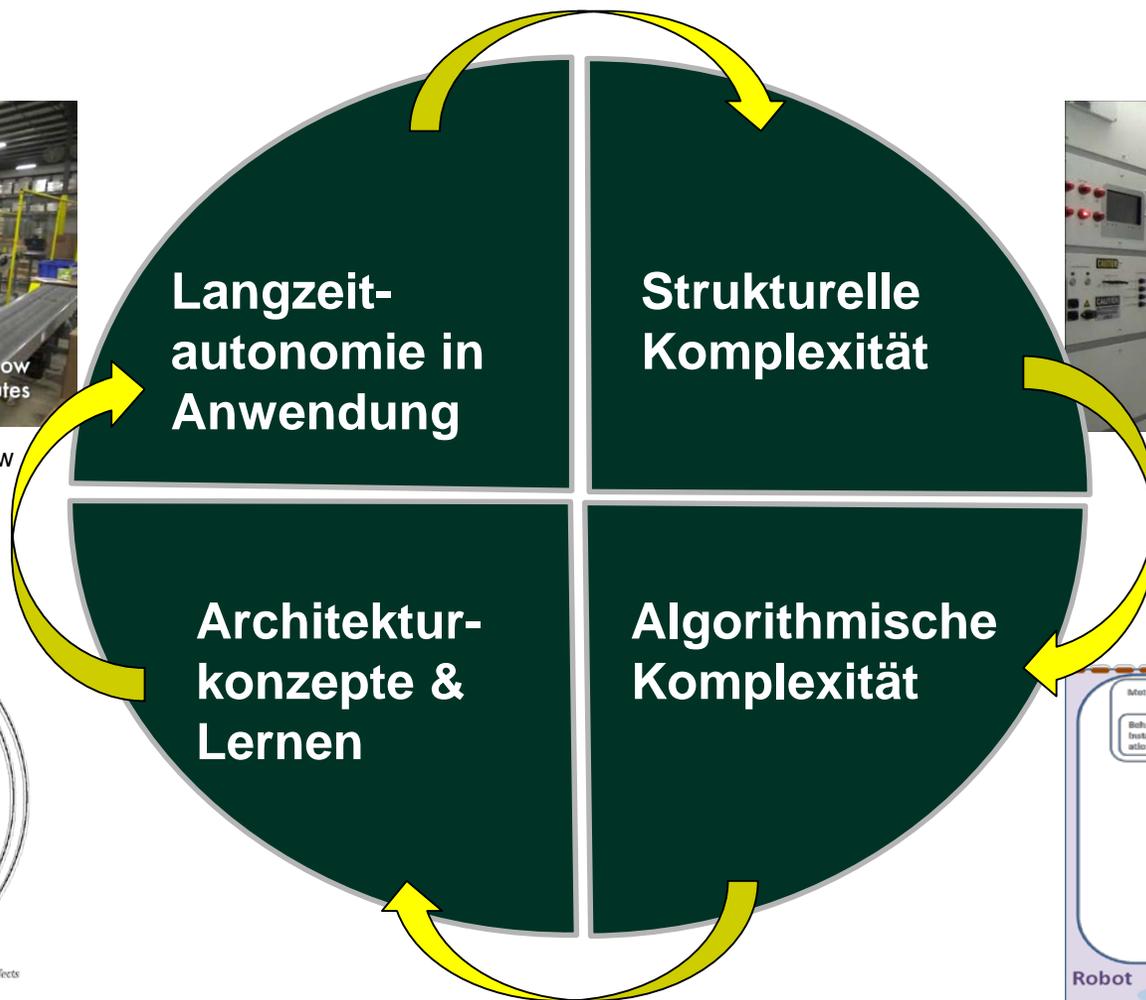
Eine Strategie ableitet, um immer das Richtige zu tun

$$P^* = \operatorname{argmax} Q(s^t, a^t), t=1, \dots, \infty$$

Die 4 großen Herausforderungen ...

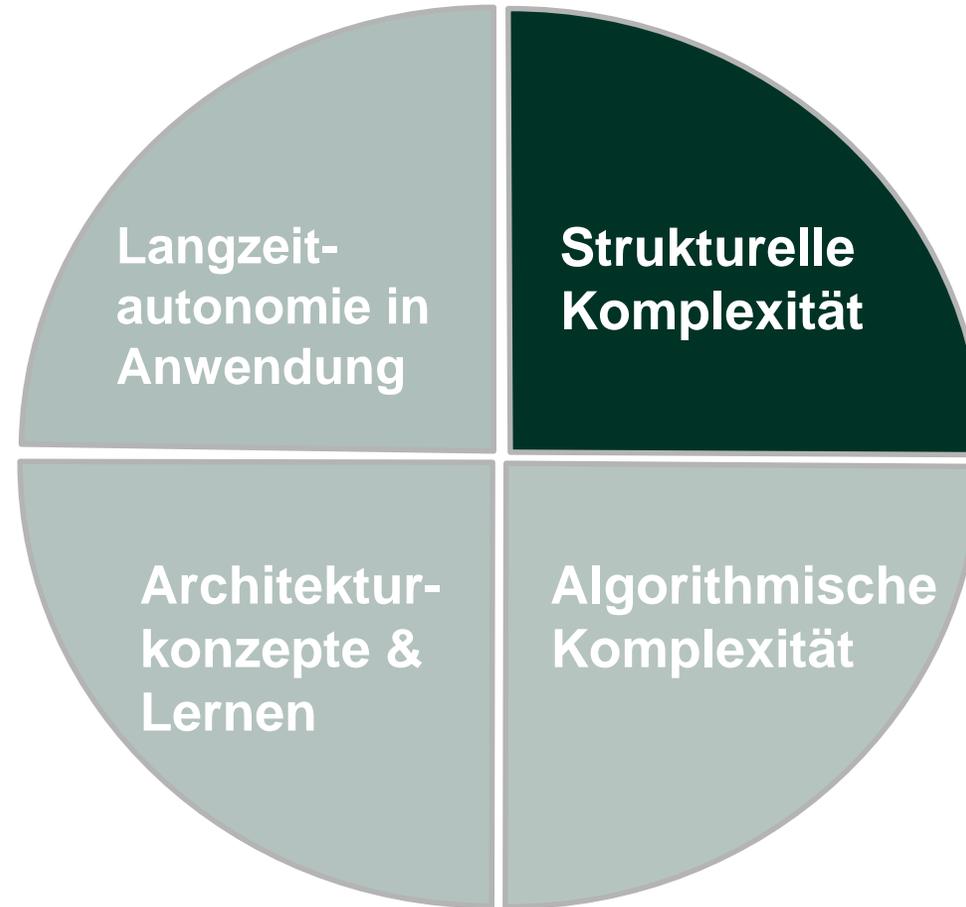


<https://www.youtube.com/watch?v=sDnwE75WjG4>



Die Roboter, die wir uns vorstellen ...

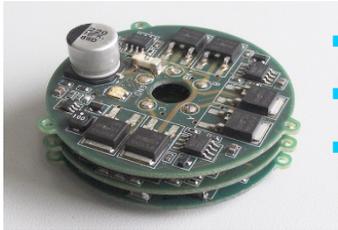




Embodiement

DFKI-RIC intelligenter Aktuator

- Wird vielfach verwendet
- Modularer Aufbau
- Nur drei Komponenten



- Power Electronics
- FPGA-basierte Regelung
- Kommunikation



- Bürstenloser DC Motor



- Spielfreie Getriebe (Harmonic Drive)

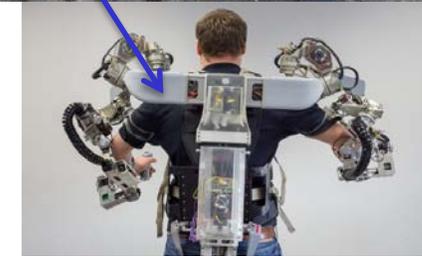
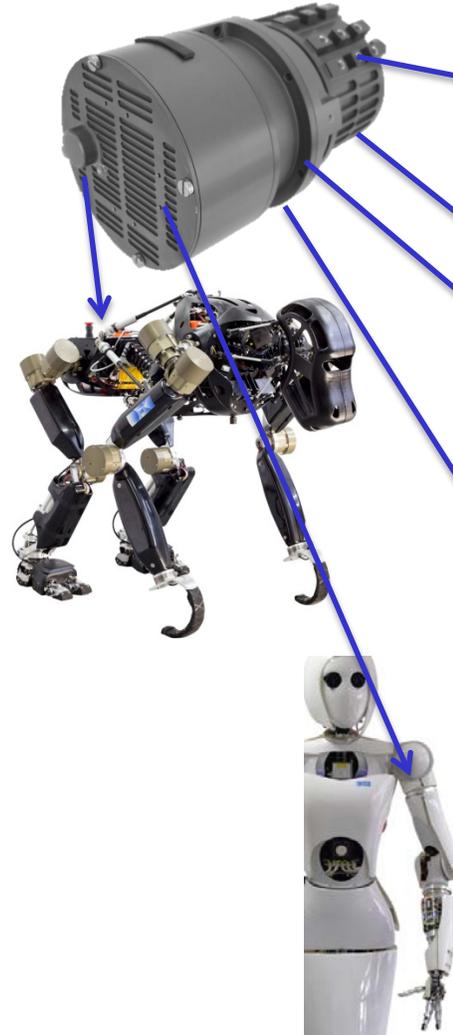
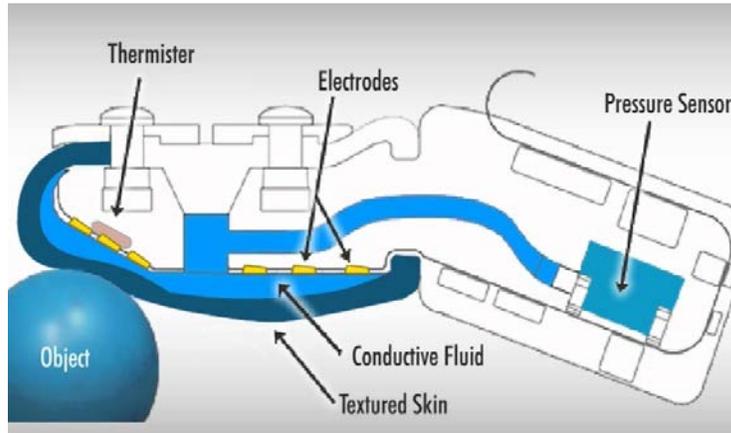
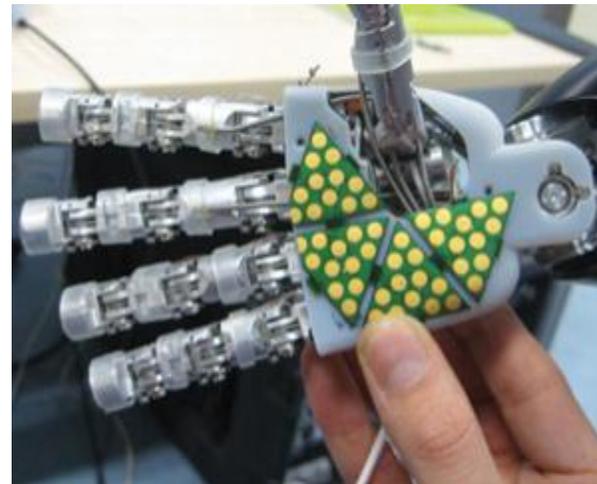


Image credit:
tq-systems

Image credit:
Harmonic Drive AG

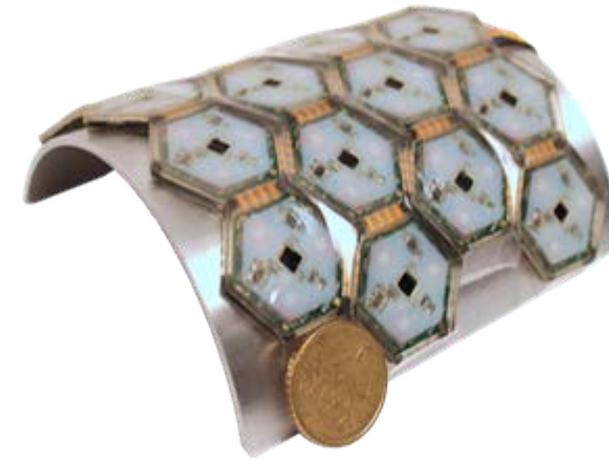


BioTac, SynTouch LLC



iCub, IIT Genua

Nachbau der menschlichen Haut



Hex-o-skin, TU München

Basis (Rapid Prototyping)

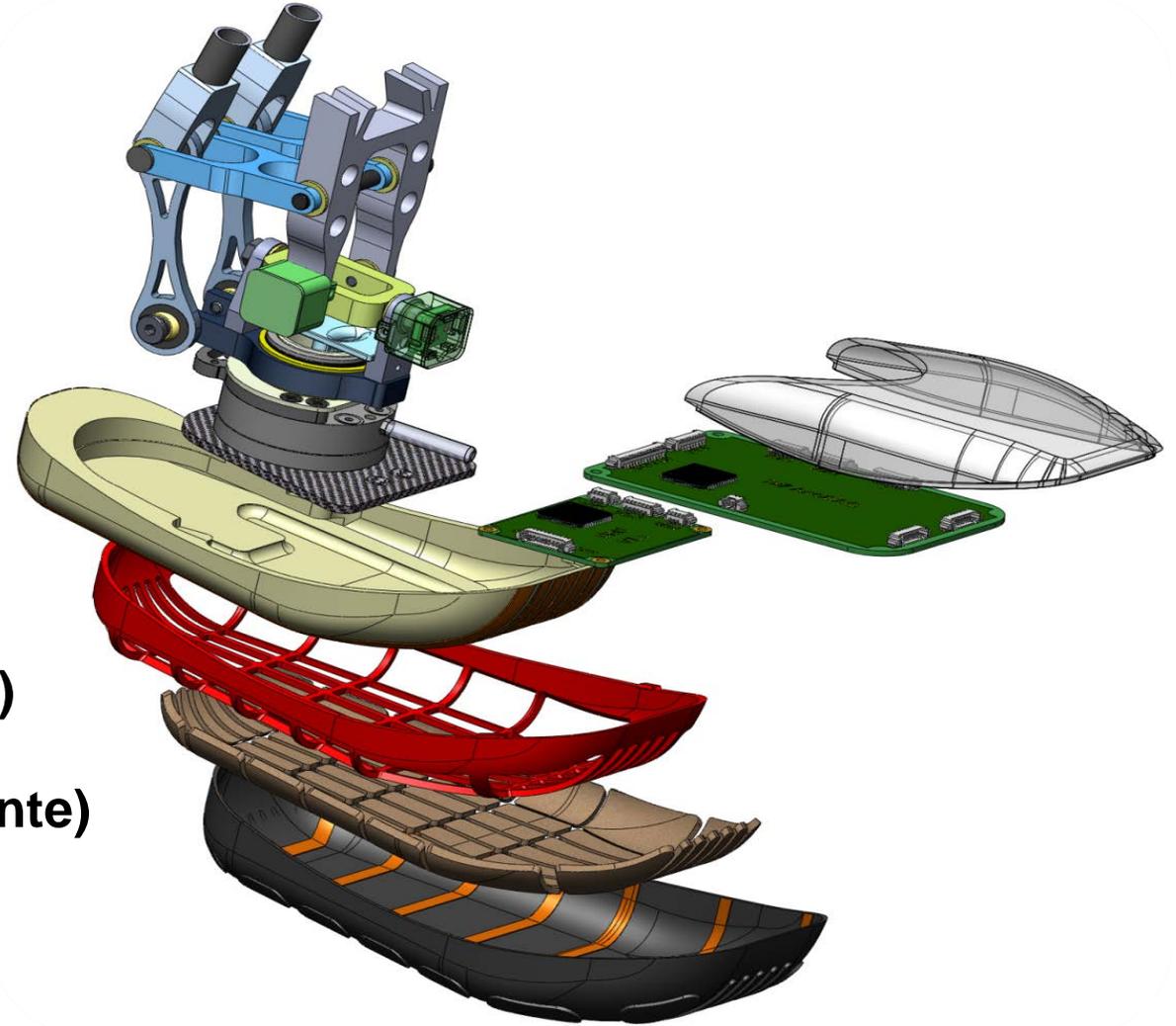
Eingebettete Elektronik

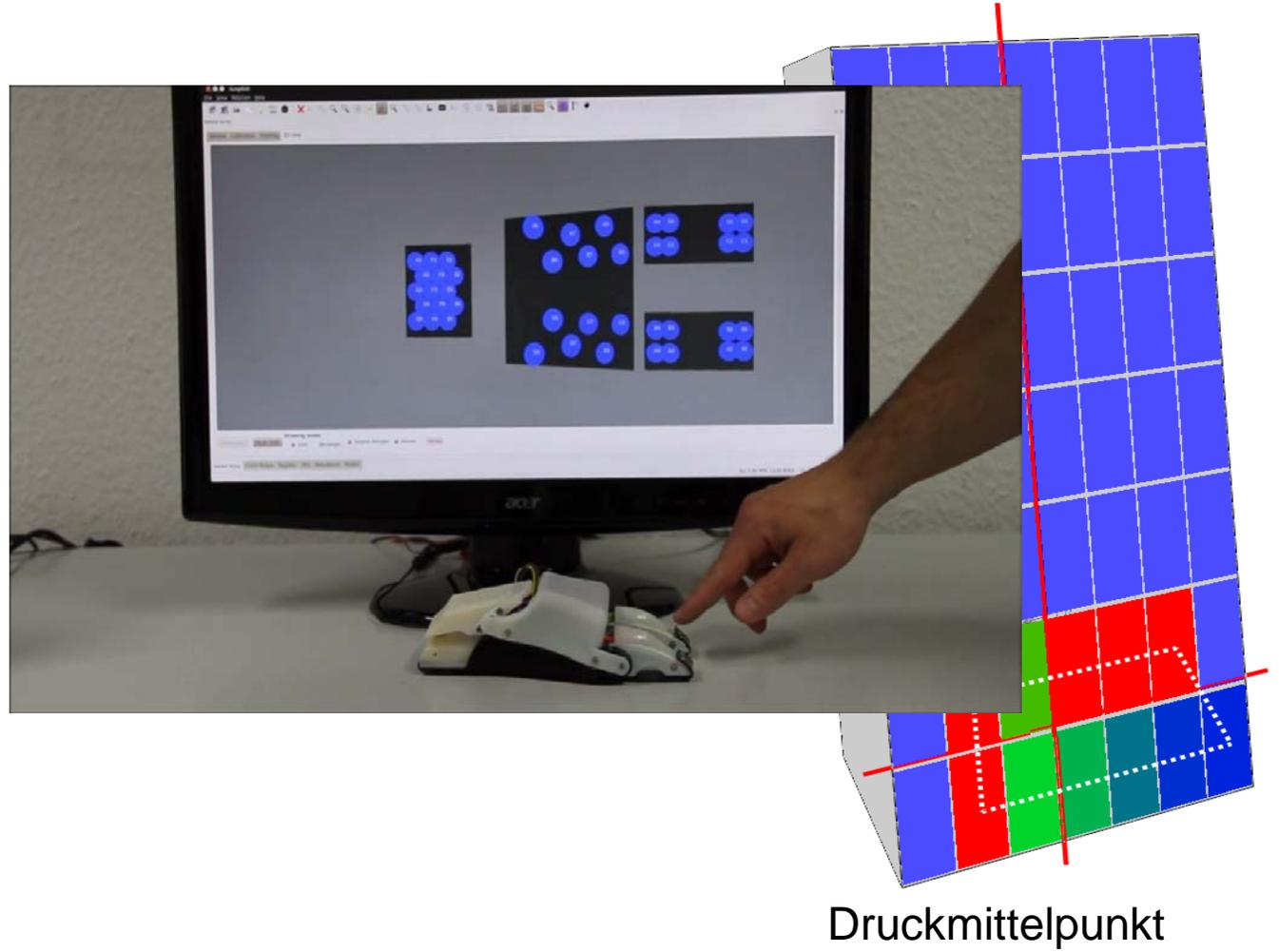
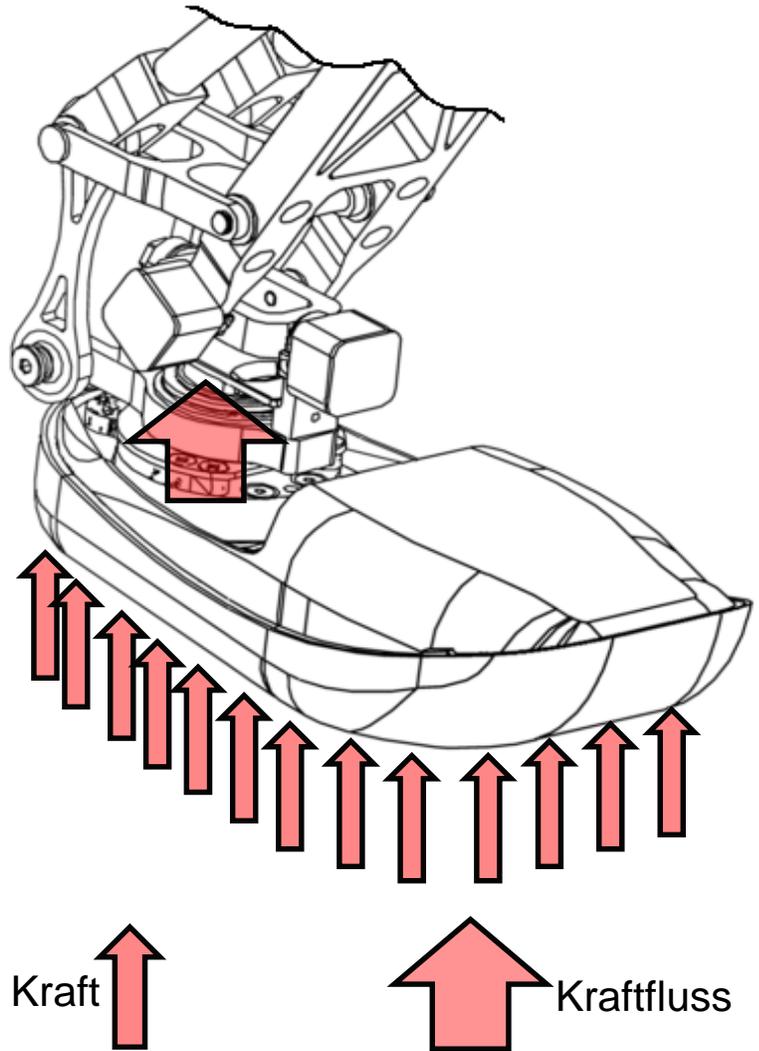
Segmentierungsgitter (RP)

Sensorisches Material (Zoflex)

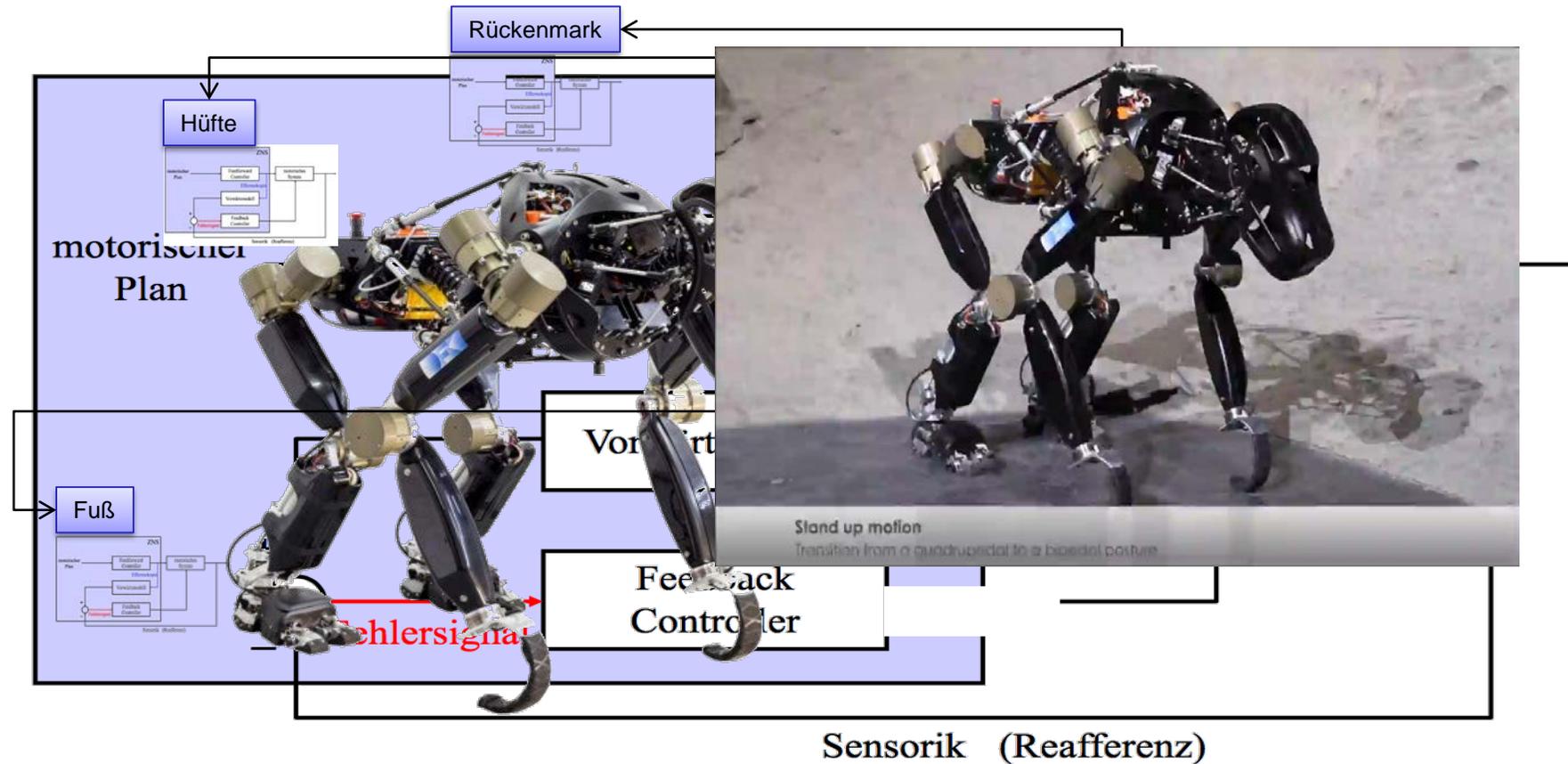
Gummisohle (genähte Segmente)

eingebettete Sensorik

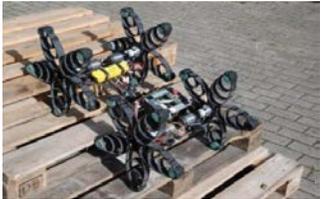


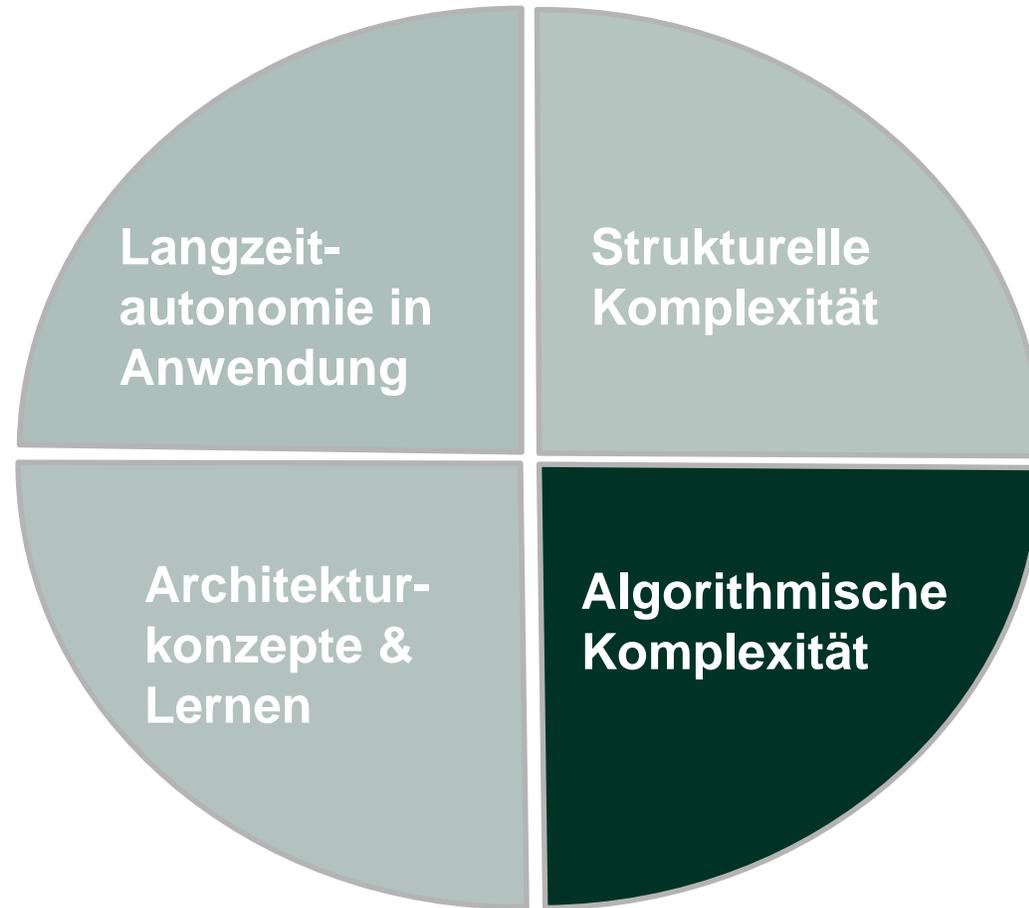


Lokale vs. zentrale Regelung



Kinematische Intelligenz ist Basis für ...

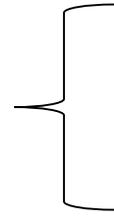




Intelligente Roboter müssen entscheiden

Beispiel: Navigation in unbekanntem Gelände

Probabilistische
Roboter
Navigation



Lokalisation
Kartierung
Regelung



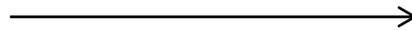
SLAM

Meist mit optischen Sensoren...

Bilder können trügen



Roboter haben
,Körper'



eSLAM nutzt 'propriozeptive' Information oder
'Embodied Data'



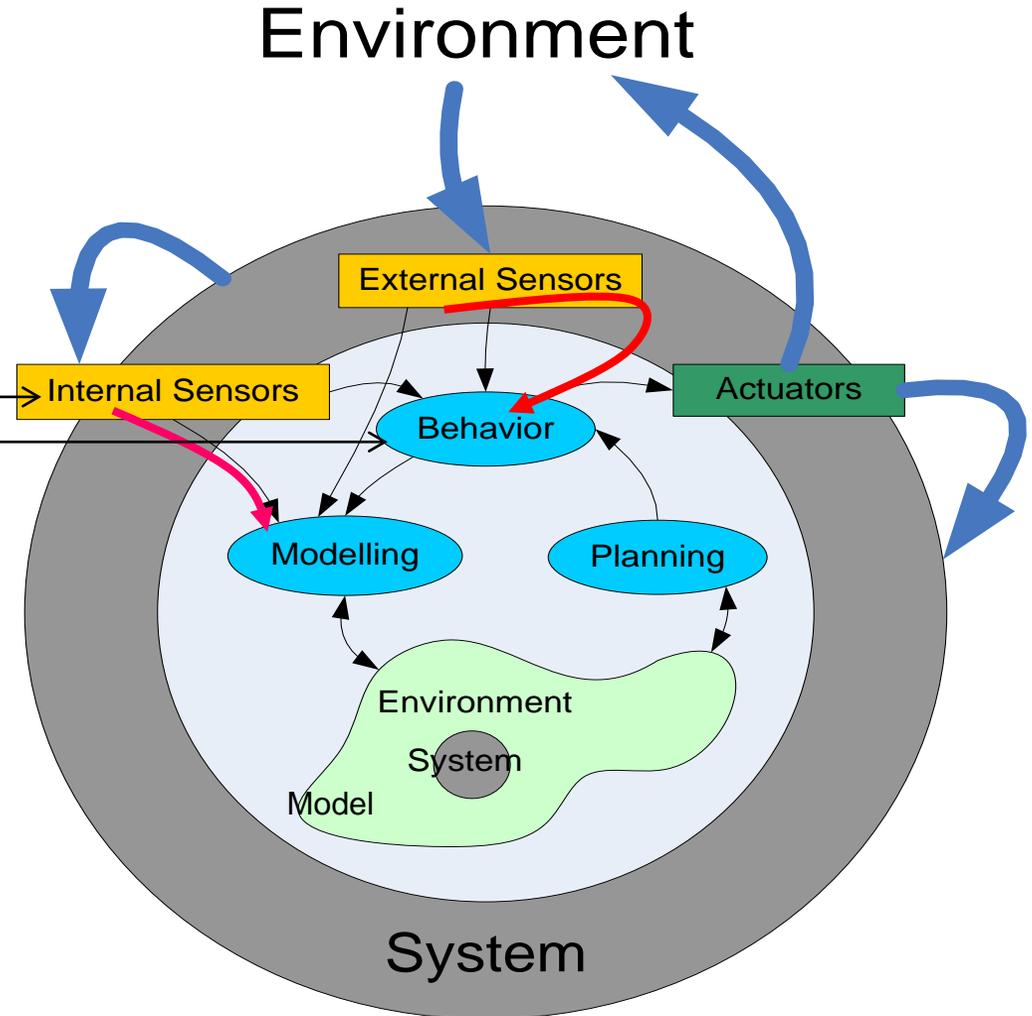
'Embodied Data'

Sensorische Information, die
aus dem Roboter stammt:
Wird auch propriozeptive Information genannt

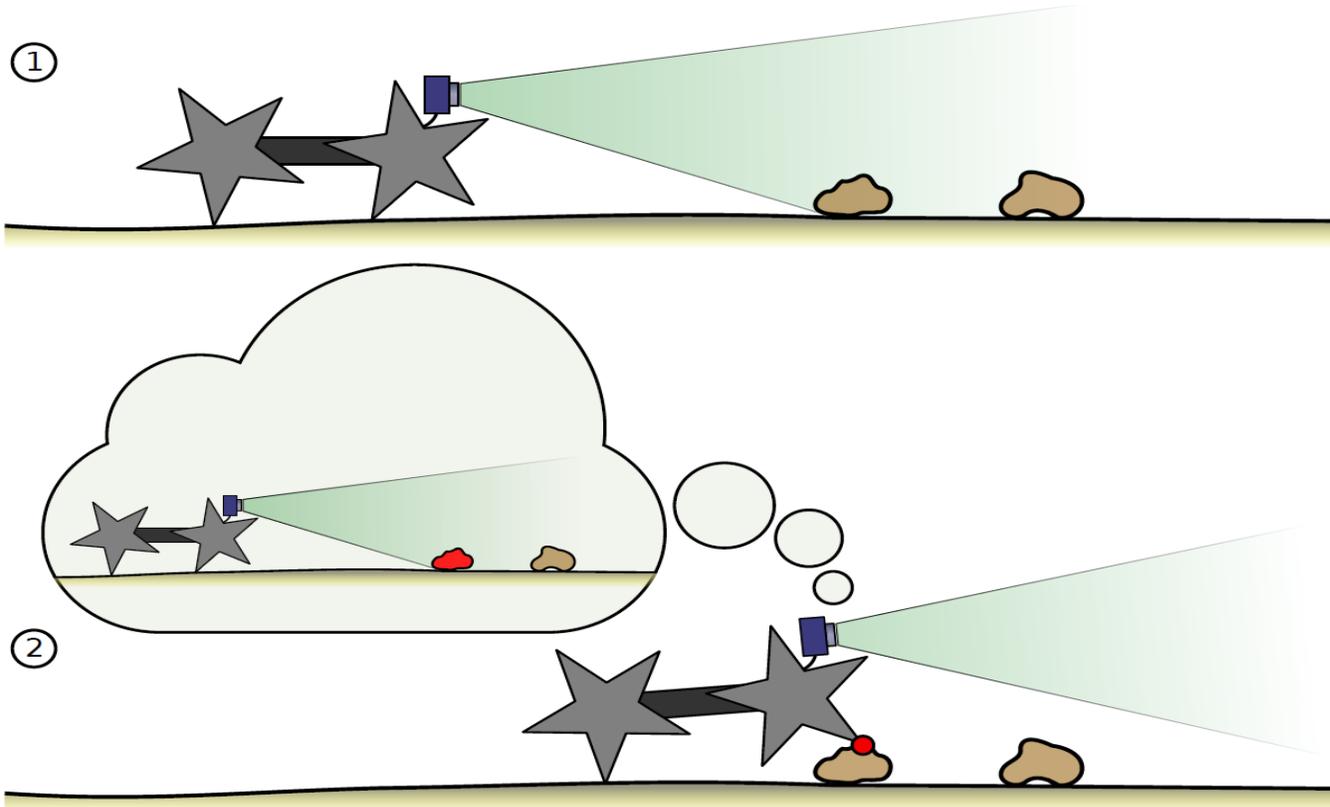
Zwei Kategorien:
direkt und indirekt

Wird sehr selten in der Robotik genutzt
→ Weil die strukturelle Komplexität des
Roboters dies oft gar nicht hergibt

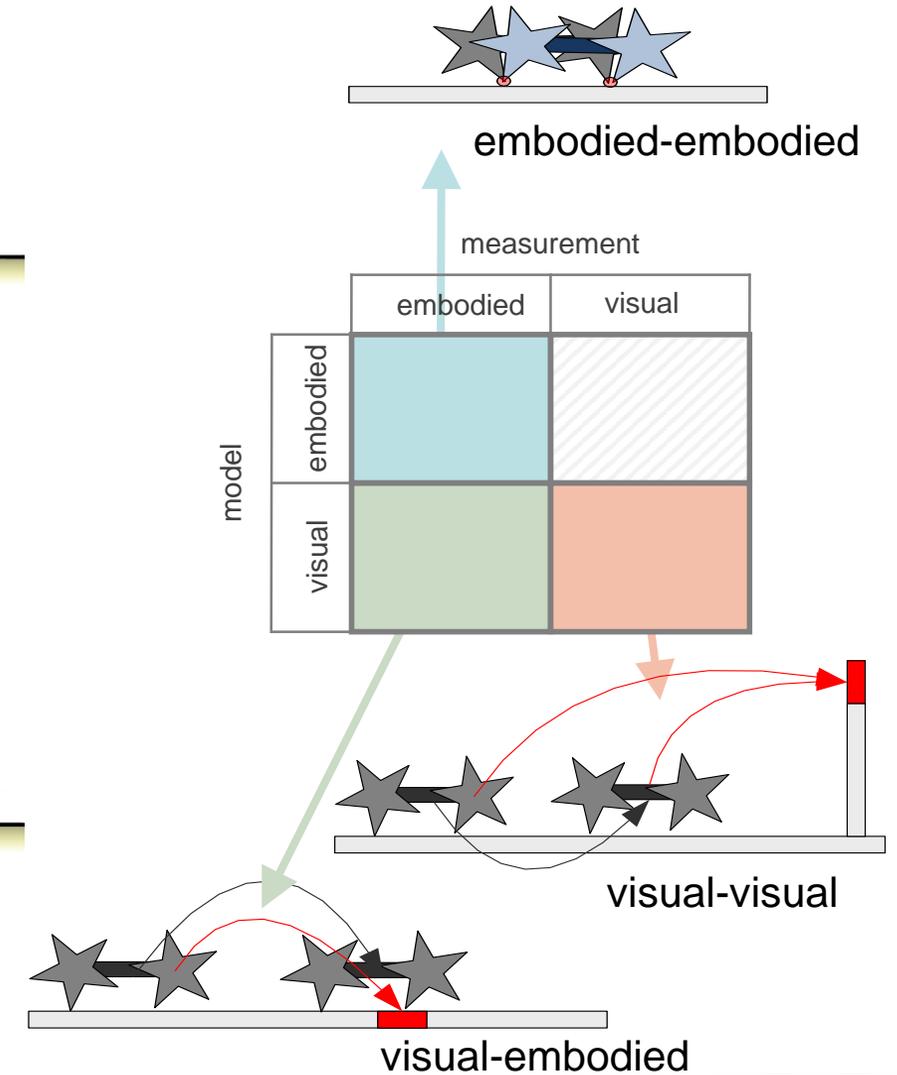
Verbessert Umgebungsmodelle bzgl.:
Genauigkeit, Effizienz und
Systemrelevanz



Assoziation von Sensordaten

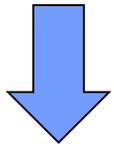


Propriozeptive Information wird genutzt, um visuelle Daten zu verifizieren und damit die Schätzung der eigenen Position zu verbessern



'Embodied Localisation'

3D Karten

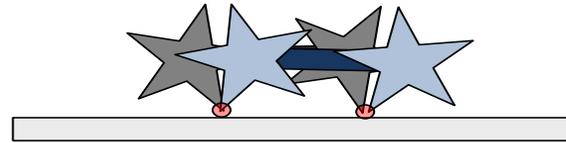


Unsicherheit

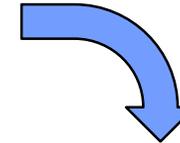


Diese KF-Schätzung wird durch eSLAM verbessert

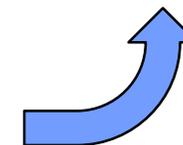
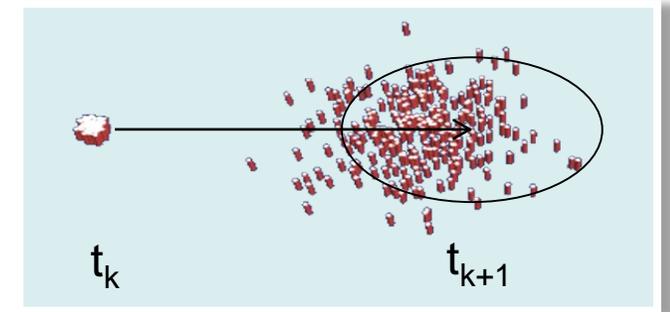
Odometriemodell
embodied-embodied



Verbesserung der Lokalisation durch Odometriemodell

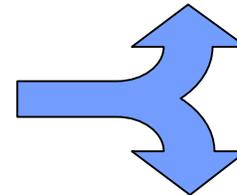
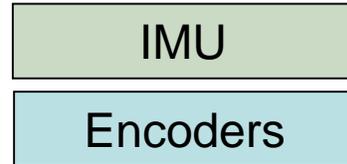


Partikelfilter

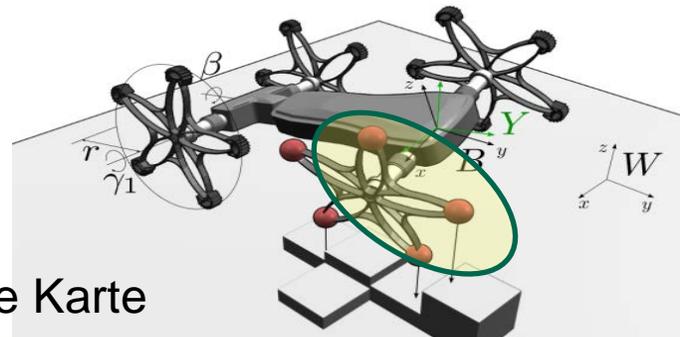


Verbesserung der Lokalisation durch Kontaktmodell

Sensoren



Kontaktmodell
visual-embodied

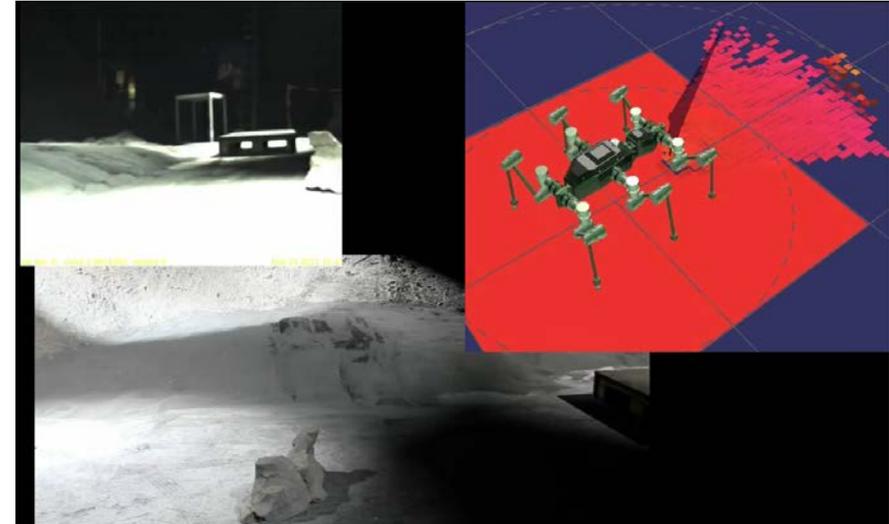


- x, y : GPS
- z : KF-Schätzung
- ψ, ϕ : Roll, Pitch aus IMU
- θ : Richtung aus GPS, IMU

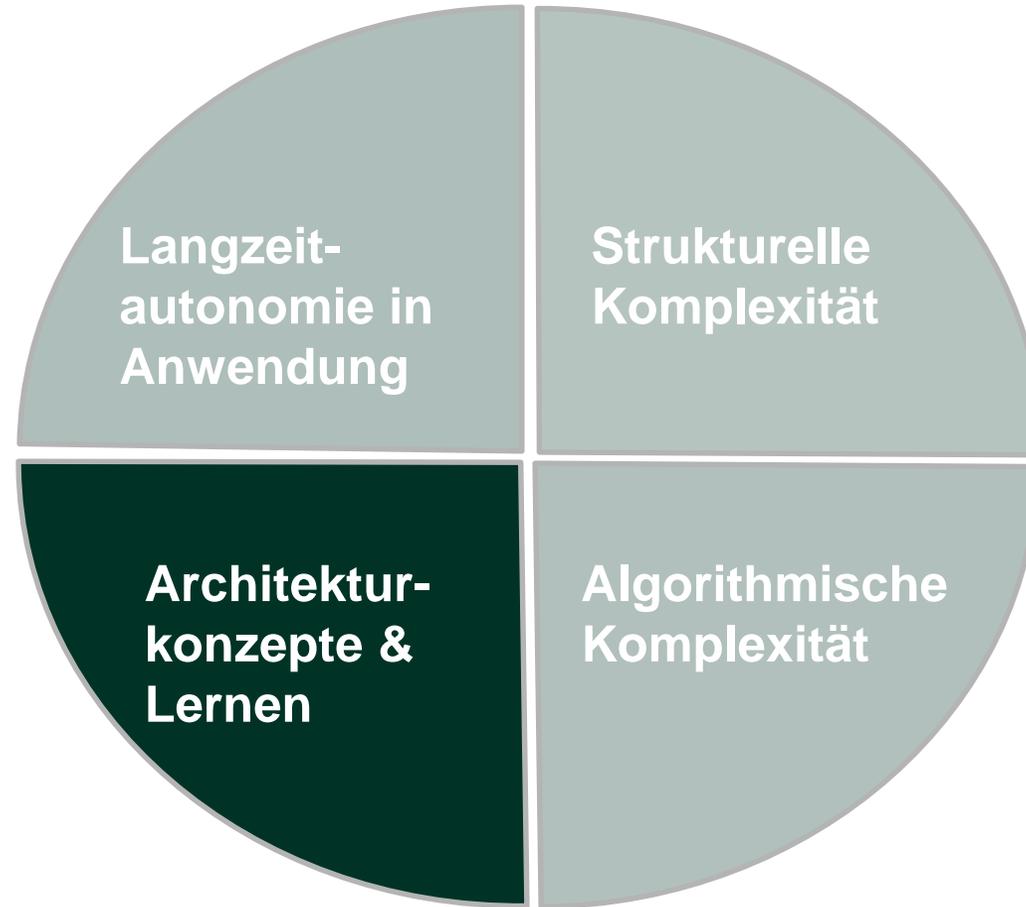
Beispiel: 'Embodied SLAM' bei Robotern mit unterschiedlicher Morphologie



Verbesserte globale Navigation



Verbesserte 3D Karten



Intelligente Roboter können sich anpassen ...

Wann sollte man ML nutzen

Zu komplex

Man kann es nicht programmieren

Zu viel

Man kann es nicht skalieren

Zu speziell

Man benötigt personalisierte Lösung

Anpassung nötig

Langzeitautonomie

Wann sollte man ML nicht nutzen

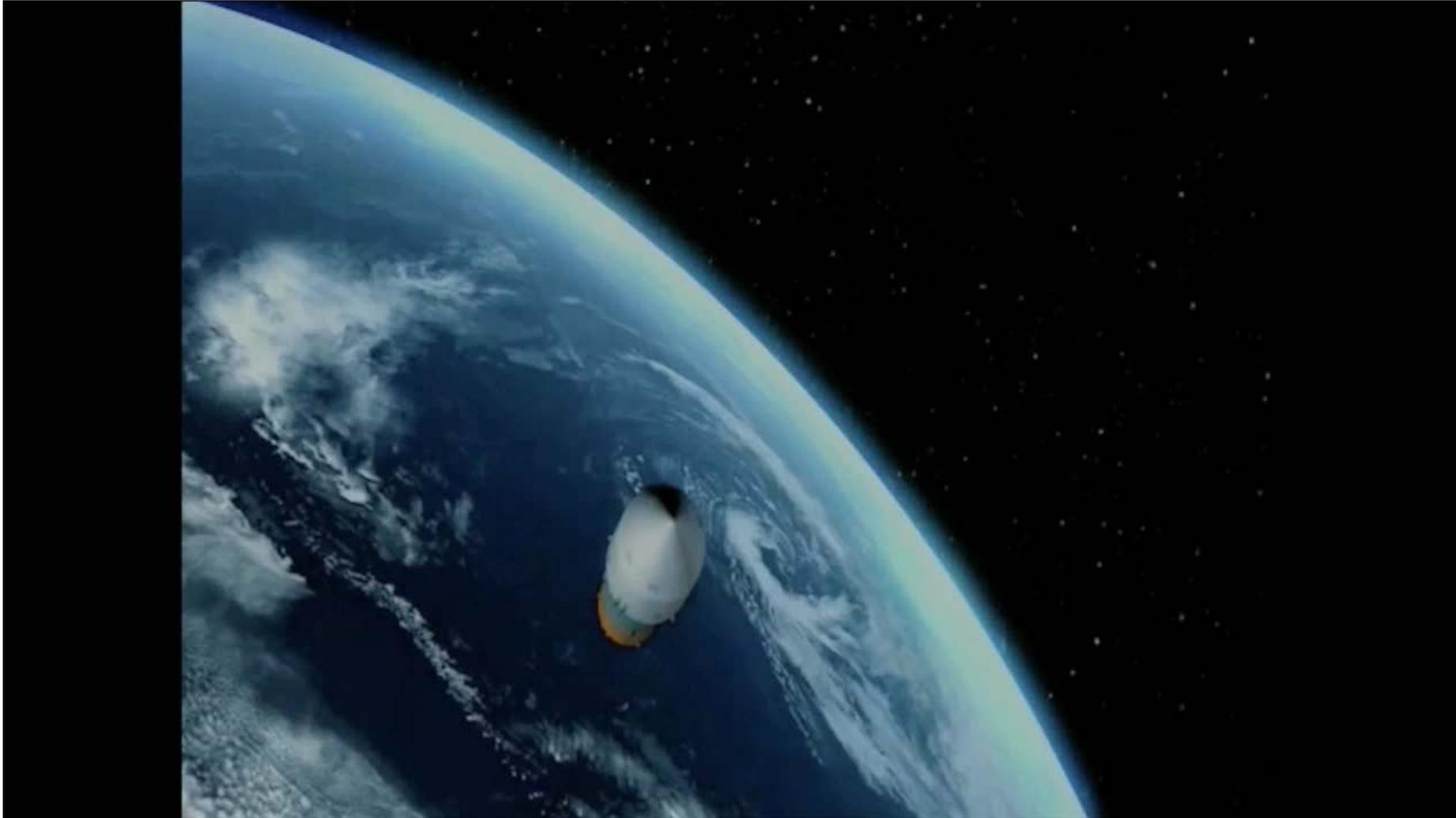
Müll in Wissen verwandeln

Keine Daten vorhanden

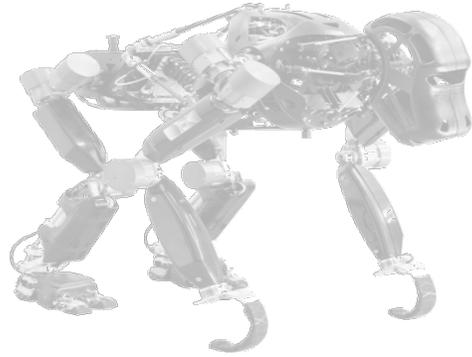
Perfektion benötigt

Man kann nicht sagen, was ist gut und was ist schlecht

Langzeitautonomie erfordert Lernen...



Zwei Roboter
mit unterschiedlichen
Fähigkeiten arbeiten
zusammen bei der
Exploration und
Probennahme auf
dem Mond



**Langzeit-
autonomie in
Anwendung**

**Strukturelle
Komplexität**

**Architektur-
konzepte &
Lernen**

**Algorithmische
Komplexität**

Intelligente Roboter funktionieren nachhaltig ...

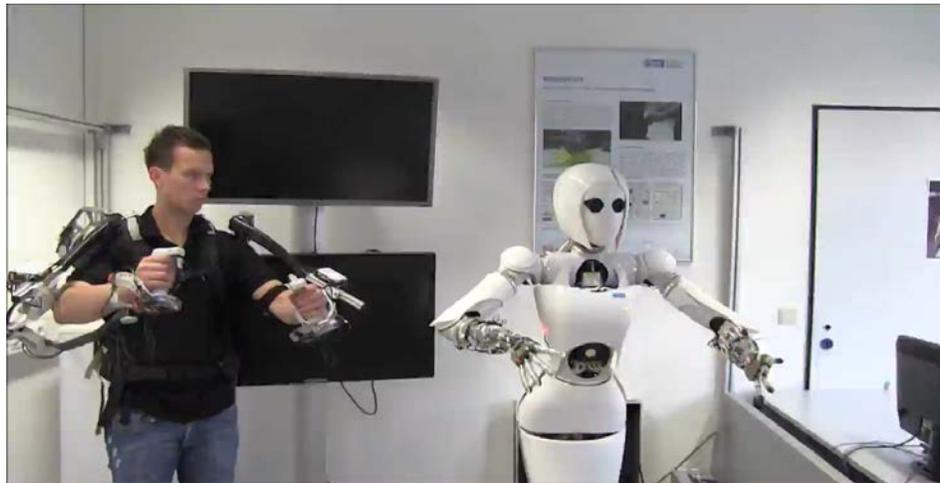
Inspection of subsea infrastructure

Currently, inspection of subsea infrastructure

Vision: Hybride Teams aus Mensch und Roboter



Industrie 4.0:
Physische Avatare werden die Arbeit grundlegend verändern



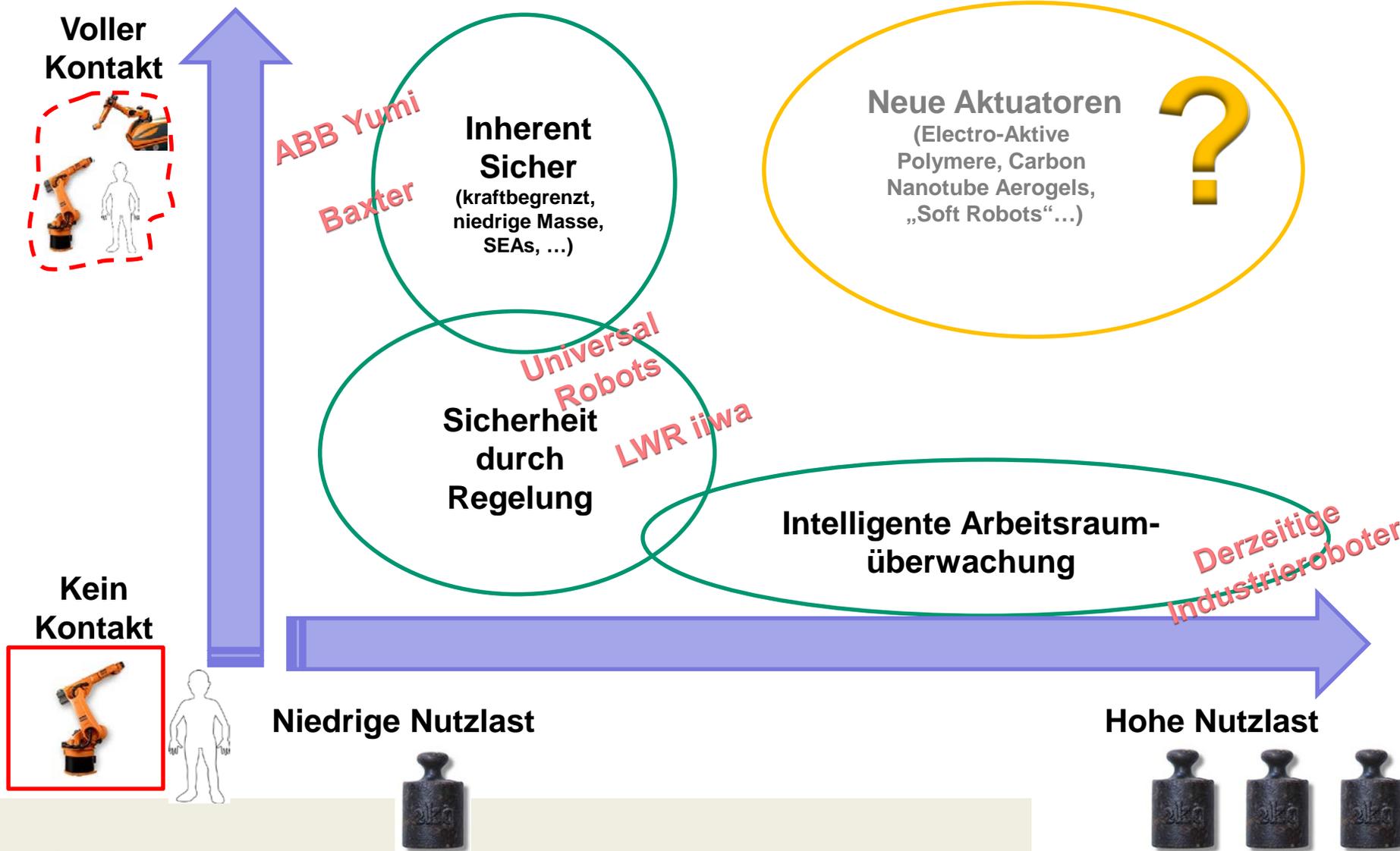
GEFÖRDERT VOM



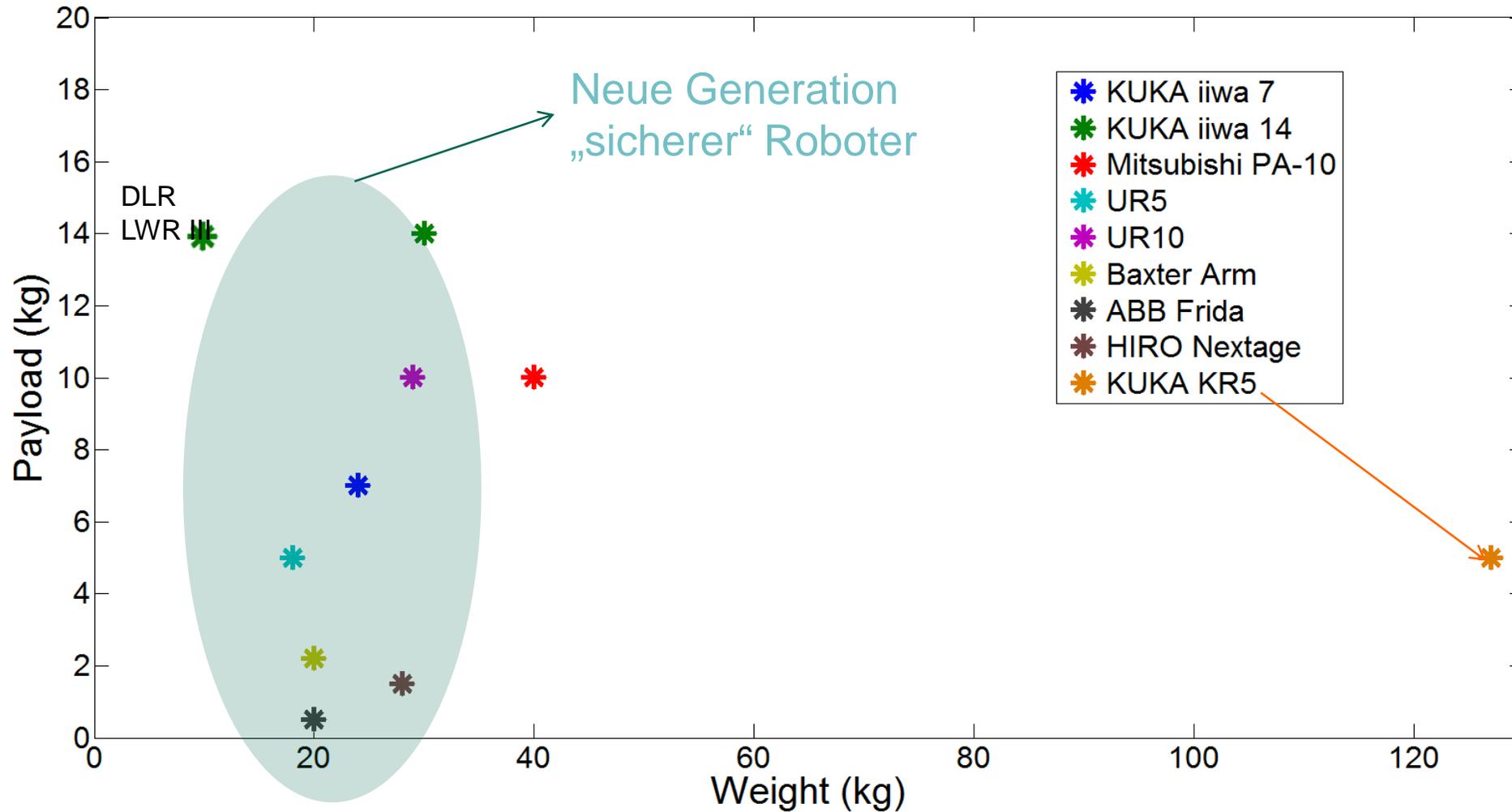
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



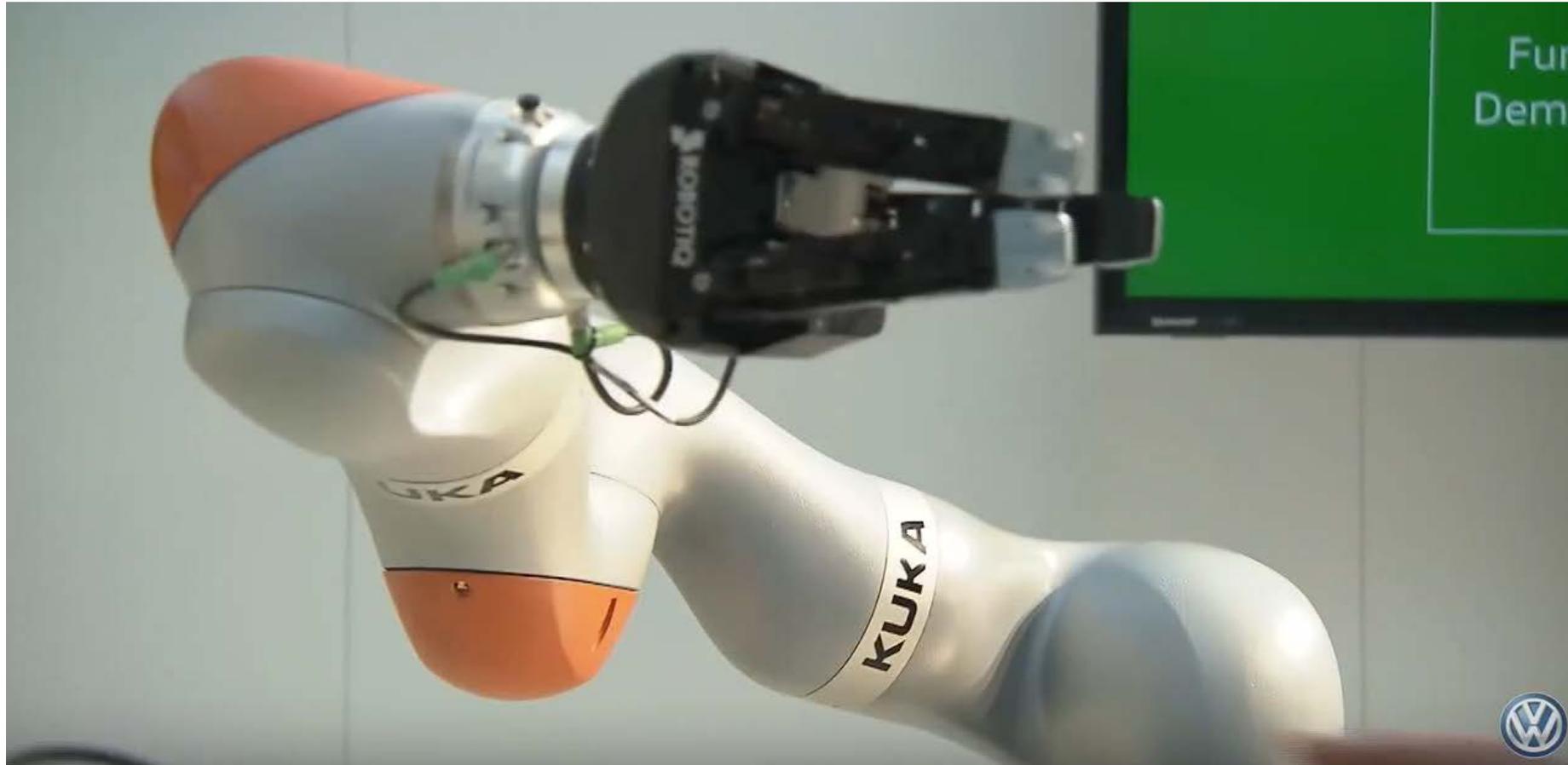
Komponenten eines sicheren Roboters



Verhältnis: Nutzlast zu Gewicht



CoBots: Kollaborative Roboter



Fun-IT für die Mensch-
der Produktion

elle Erprobung von

her Roboter in die IT-
ernehmen.

Roboterfähigkeiten
tion, Manipulation,
ch Verwendung von
aus der IT

Starre Fertigungsanlagen werden zukünftig durch hybride Teams bestehend aus Menschen und Robotern ergänzt, bzw. ganz ersetzt



Modulares Design und Technologietransfer

Raumfahrtroboter



Dienstleistungsroboter



Sicherheitsroboter



EO smart connecting car 2

Intelligente Regelung



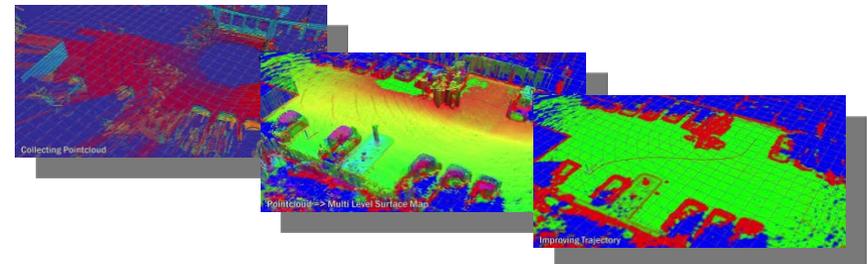
Konzept des EO 'smart connecting car' Modularität

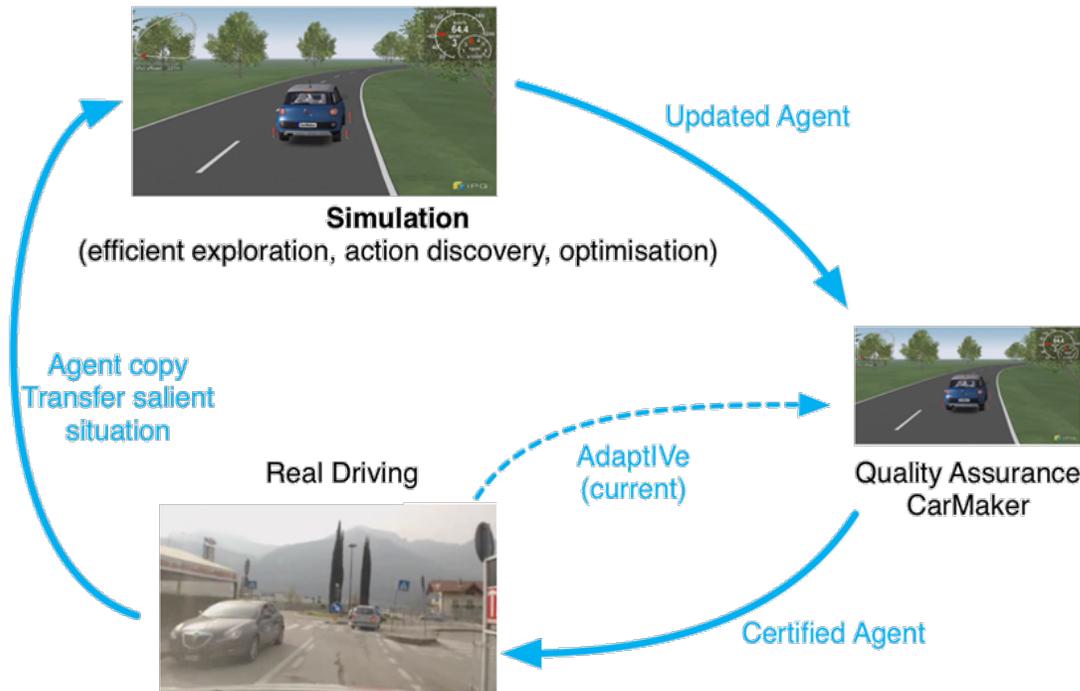


Adaptive Morphology



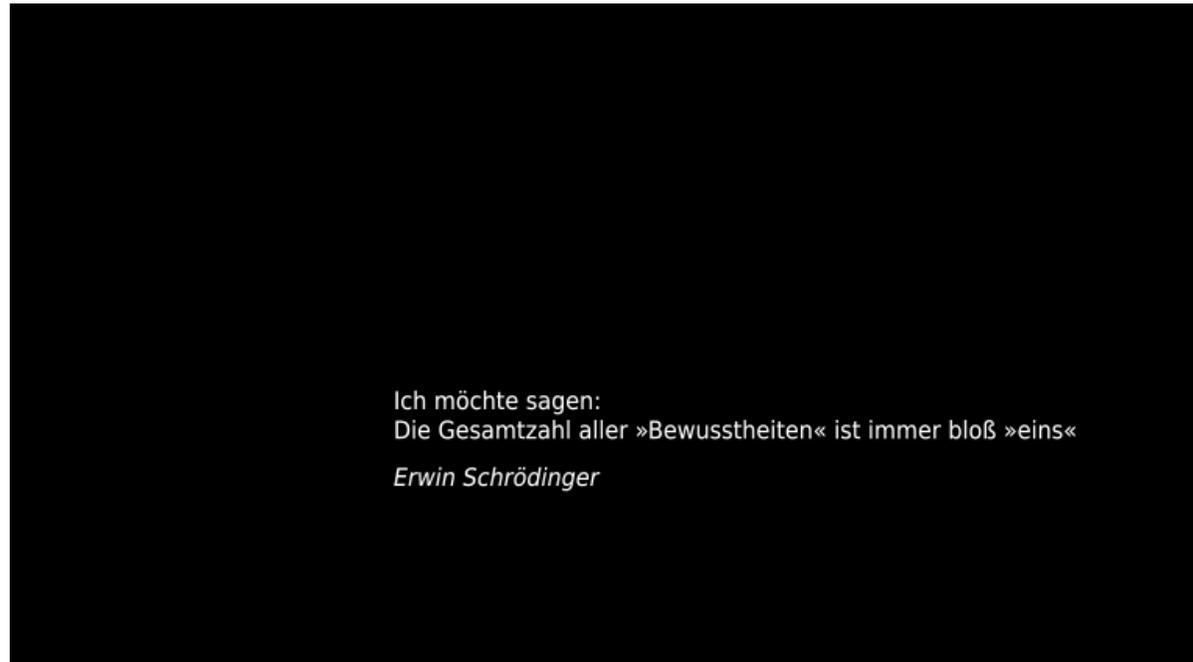
Autonomes Fahren





- Robuste Autonome Fahrsysteme (Never-to-turn-off systems)
- Idee:
 - Künstliche Intelligenz (KI) trifft Entscheidungen auf Basis von Sensordaten
 - neue und/oder kritische Situationen werden in Simulation trainiert, das System generiert hierzu auch künstliche Daten (Analogie zum Traum)
 - das Ergebnis wird in einem Qualitätssicherungsschritt getestet und zertifiziert nach Sicherheitskriterien
 - KI wird mit neuer zertifizierter Version im echten Fahrzeug aktualisiert
 - Zyklus geschlossen

Neue Mobilität: Wer baut die Autos der Zukunft ...



Neue Mobilitätskonzepte

E-Mobility und Industrie 4.0 verändert:

- Die Idee von Mobilität
- Die Autoproduktion

dramatisch



DFKI-EO-1

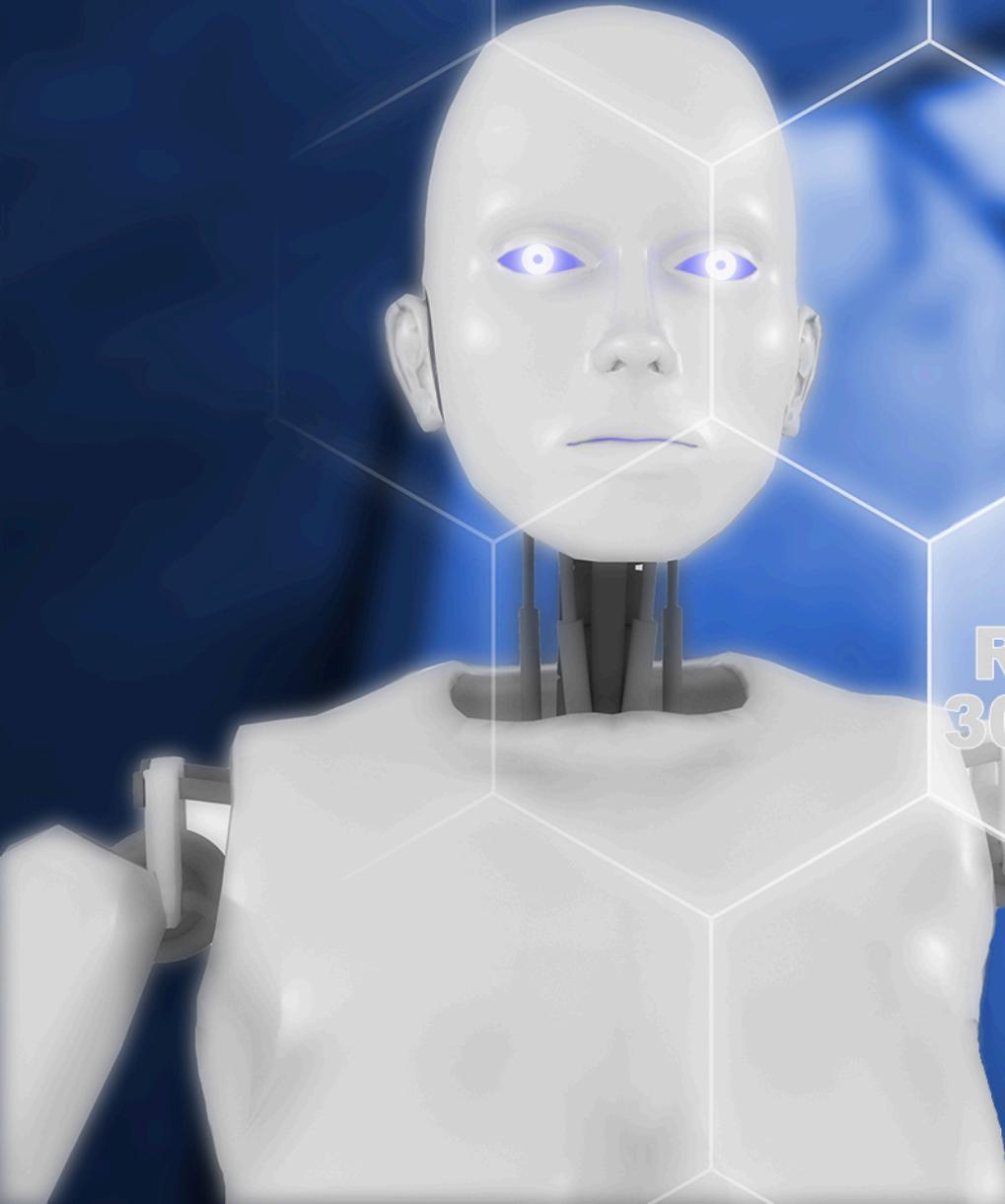


DFKI-EO-2

KONKLUSION

Konklusion

- Robotik ist eine hochgradig interdisziplinäre Forschung
 - Informatik & Elektrotechnik, Materialwissenschaft & Maschinenbau, Neurowissenschaft & Psychologie ...
- Hauptforschungsfragen
 - Systemintegration bei zunehmend steigender struktureller Komplexität
 - ▶ Wie kann diese Komplexität beherrscht werden?
 - Architekturen (HW und SW) für **Langzeit-autonome Systeme**
 - ▶ Mögliche Lösung: Das Lernen auf die Struktur und Organisation von Wissen verlagern ...
 - Möglicherweise bestimmt die Komplexität die Grenzen der KI
- Praktische Ziele der nächsten Dekade
 - Roboter, die für lange Zeiträume in unzugänglichen Gebieten arbeiten
 - Roboter, die Seite an Seite mit Menschen in hybriden Teams arbeiten
- Kein Naturgesetz verbietet, dass Maschinen intelligent werden können
 - Möglicherweise sogar intelligenter als Menschen (siehe Deep Learning Exkurs)
- Wir sollten uns darauf konzentrieren, nicht weniger intelligent zu werden
 - Biologische Systeme tendieren zur Minimierung von Energieeinsatz ...



LERNENDE
MASCHINEN
02.05.2017

INDUSTRIE
4.0
23.05.2017

SPRACH-
DIALOGE
09.05.2017

KÜNSTLICHE
INTELLIGENZ

KI

**BIG
DATA
13.06.2017**

TEAM-
ROBOTIK
30.05.2017

AUTONOME
SYSTEME
16.05.2017

**ALTERS-
ASSISTENZ**

**SMART
SERVICE**

**SICHER-
HEIT**

**EMOTION &
VERHALTEN**

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT