

Kognitive Systeme

Einführung: Intelligente und Kognitive Systeme

Montag, 24. April 2017

Vorlesungs-Koordination

■ Prof. A. Waibel

- Institut für Anthropomatik
- International Center for Advanced Communication Technologies - InterACT
 - KIT
 - Carnegie Mellon University
- Interactive Systems Labs
- Forschungsschwerpunkt: Perzeption, Multimodale Benutzerschnittstellen, Multilingualität, Spracherkennung, Übersetzung, Dialog



■ Prof. R. Dillmann

- Institut für Anthropomatik
- Humanoids and Intelligence Systems Lab
- Lehrstuhl: Industrielle Anwendungen der Informatik und Microsystemtechnik (IAIM)
- Forschungsschwerpunkt: Entwurf intelligenter Systeme, Interaktives Lernen, Humanoide Robotik, Medizinische Modellierung und Simulation
- Sprecher des SFB 588 “Humanoide Roboter”



Organisatorisches

Vorlesungsaufteilung Waibel/Dillmann:

- Blockweise nach Themengebiet

- Termin und Ort:
 - Mo 14:00 - 15:30 Gerthsen
 - Mi 11:30 - 13:00 Gaede

- 6 Übungen

Organisatorisches

Literatur:

- Russell, Norvig: „Artificial Intelligence“
Prentice Hall
Informatik- / KIT-Bibliothek
- Azad, Gockel, Dillmann:
„Computer Vision - Das Praxisbuch“
Informatik- / KIT-Bibliothek
- Skriptum für Teil der Vorlesung von Prof. Dillmann
- Zusätzliche Literaturangaben während der Vorlesung und auf der Homepage, je nach Themengebiet

Organisatorisches

Übungen:

- Ausgabe des Übungsblattes ca. 1 Woche vor Übungstermin (auf Homepage verfügbar)
- Gemeinsames Rechnen des Übungsblattes in der Übung
- Lösungen werden bewertet (!!!), siehe später
- Umfang pro Blatt:
 - 4-5 Theorieaufgaben
 - Eventuell *Programmieraufgabe*

Organisatorisches

Programmieraufgabe:

- dient zur (*unersetzlichen!*) praktischen Erarbeitung des Themengebietes
- Umfang: ca. 4-6h je nach Kenntnissen
- Programmierumgebung: Windows / Linux / Mac
- Programmiersprache: C/C++ / Java / Python
- kann per Email zur Korrektur eingesandt werden
- „Beste“ Lösung wird in der Übung vorgestellt
- Keine Bewertung

- Abgabe der Lösungen:
 - Schriftliche Abgabe der Lösung des **kompletten** Übungsblattes (handschriftlich oder als Ausdruck)
 - vor Beginn der Saalübung
 - wird nicht wieder ausgegeben -> Kopie anfertigen

 - &
 - Onlineabgabe der Lösungen ausgesuchter Aufgaben auf der Homepage im WebSubmit-System
 - einmalige Anmeldung mit Name, Email, Matrikelnummer & Passwort
 - Beantwortung der Fragen, als Grundlage für die Berechnung des Anspruchs auf Zusatzpunkte
 - Abgabe bis kurz vor der Saalübung möglich

Organisatorisches

Sammeln von Zusatzpunkten:

- Anrechnung von Zusatzpunkten aus den Lösungsblättern zur Klausur
 - nur bei bestandener Klausur
 - bei nicht bestandener Klausur Anrechnung auf Nachklausur (nur bei bestandener Nachklausur)

- Pro Person, nur einmal mögliches Sammeln von Zusatzpunkten
 - -> Prüfungszeitpunkt beliebig
 - -> es gilt die Punktzahl bei der ersten Anmeldung (bei Mehrfachanmeldungen)

- Pro Übung max. 1 Klausur-Punkt (insgesamt also max. 6 Punkte)

Organisatorisches

Adressen:

Ansprechpartner Lehrstuhl Prof. Dillmann:

Dipl.-Inform. Yoo-Jin Azad

Yoo-jin.jeong@kit.edu,

Adenauerring 2 (Geb. 50.20, Raum 325)

Tel: 0721-608-45337

Dipl.-Inform. Daniel Reichard

Reichardl@kit.edu

Adenauerring 2 (Geb. 50.20, Raum 324)

Tel: 0721-608-48487

Organisatorisches

Adressen:

Ansprechpartner Lehrstuhl Prof. Waibel:

M. Sc. Thai Son Nguyen

Thai.nguyen@kit.edu

Adenauerring 2 (Geb. 50.20, Raum 238)

Tel: 0721-608-44733

Organisatorisches

Homepage:

<http://his.anthropomatik.kit.edu/Teaching/VorlesungKognitiveSysteme>

Dort finden Sie:

- Aktuelle und allgemeine Informationen zur Vorlesung
- Vorlesungsfolien (passwortgeschützt), Übungsblätter, Musterlösungen
- Online Abgabe / WebSubmit
- Vorlesungs-Forum
- Links
- Literatur (-hinweise)
- Klausurinformationen



Human Brain Project

The Human Brain Project

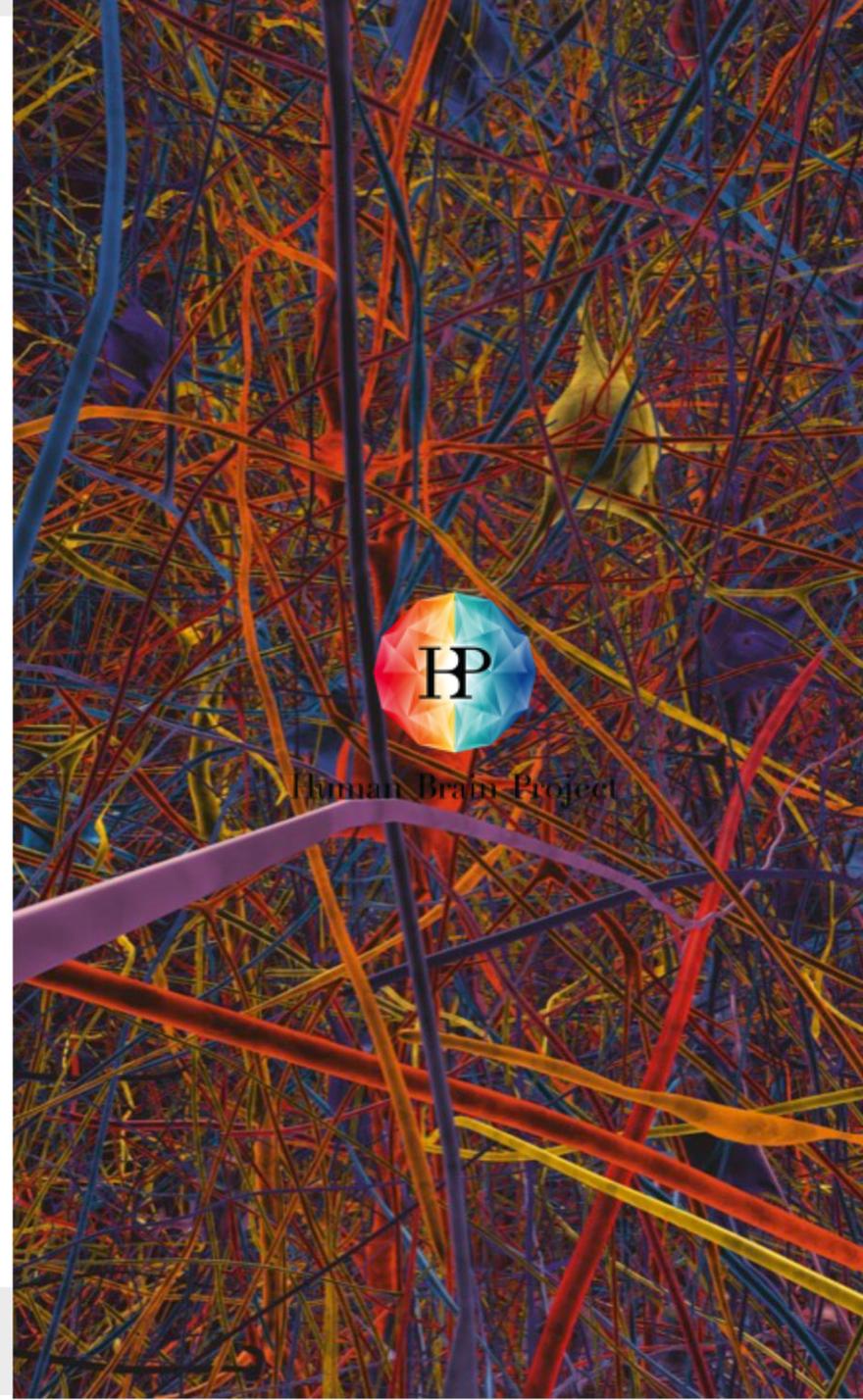
Human Brain Project Vision

Understanding the human brain is one of the greatest challenges facing 21st century science.

If we can rise to the challenge, we can **gain profound insights into what makes us human**, develop **new treatments** for brain diseases and build **revolutionary new** computing and robot technologies.

Today, for the first time, modern ICT has brought these goals within sight.

HBP is a European Flagship project to **create** and **operate** collaborative research tools for brain research, and brain-inspired technologies



What does it mean to understand the brain?

Brain Facts

Serving size 1 per Person (1300 g)

Calories 1958

Calories from Fat 1239

Total Fat 137.6 g

Cholesterol 40.30 g

Carbohydrates 19.88 g

Protein 151.41 g

Memory > 2.5 Million Giga Bytes

Neurons 30-80.000.000.000

Synapses 100.000.000.000.000

Power 20 W

Dimensions 1450 cm³

Cognitive abilities

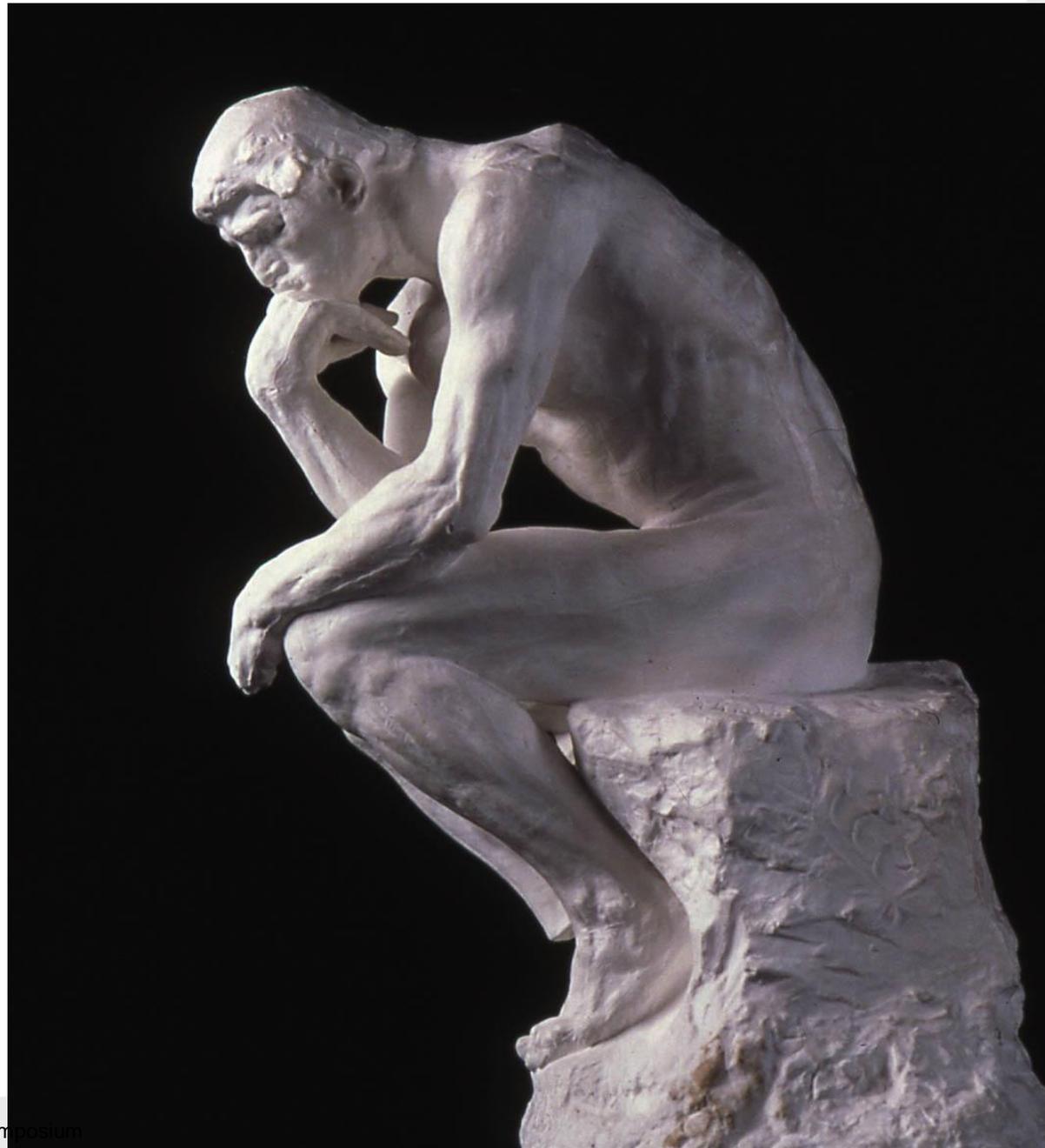
Perception: Interpretation and recognition of sensory information, such as visual, auditory, smell, touch, etc.

Attention: Ability to concentrate on a particular stimulus, thought, or activity

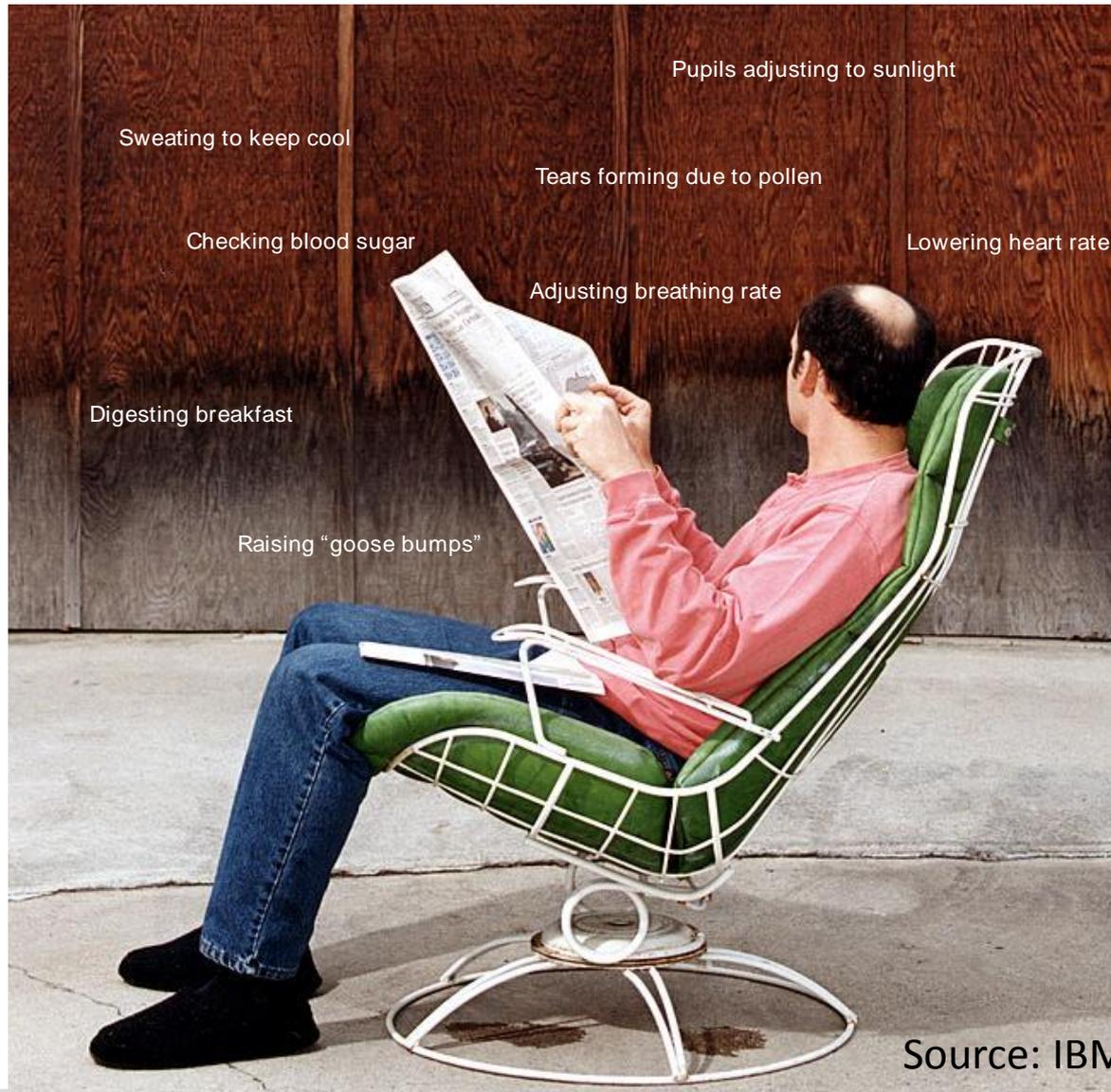
Memory: Ability to store knowledge of different forms and to retrieve it when needed.

Motor: Ability to stabilize, move and control our body. Ability to manipulate objects.

Language: Ability to express our thoughts and wishes with words and gestures. Ability to understand and interpret language.



“Non-cognitive” abilities



The flip side: Brain disorders

Dementia

Alzheimer's

Autism

Stroke

Parkinson's

Epilepsy

Migraine

Dyslexia

Dystonia

Tourette Syndrome

Depression

Aphasia

Multiple Sclerosis

Sleep disorders

Coma

Main Research Directions of Human Brain Project

Future Neuroscience

Integrate what we know about the brain into computer models and simulations

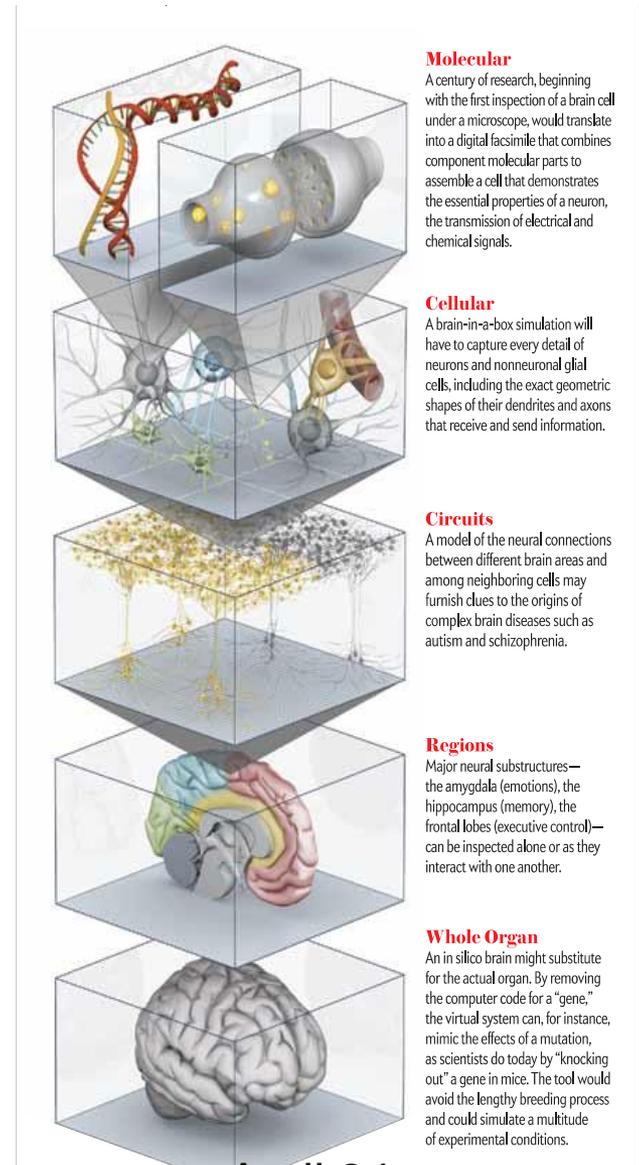
Future Medicine

Contribute to *understanding, diagnosing and treating* diseases of the brain

Future Computing

Learn from the brain how to build the supercomputers and robots of tomorrow

➤ **Virtualization of Brain and Robotics Research**



April 24,

Neurorobotics: In Silico Cognition and Behavior

Step 1

Choose *in silico* experiment

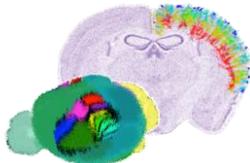


Select

- body,
- environment &
- task

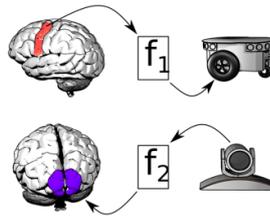


Select Brain Model

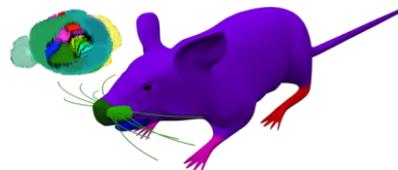


Step 2

Instrumentation & alignment

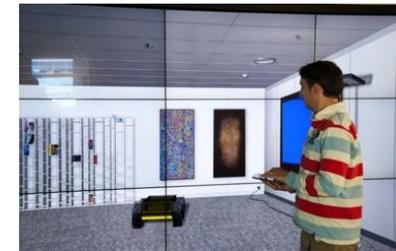


- Define
 - Sensors
 - Actuators
- Define brain regions for
 - Sensory input
 - Motor output



Step 3

run experiment

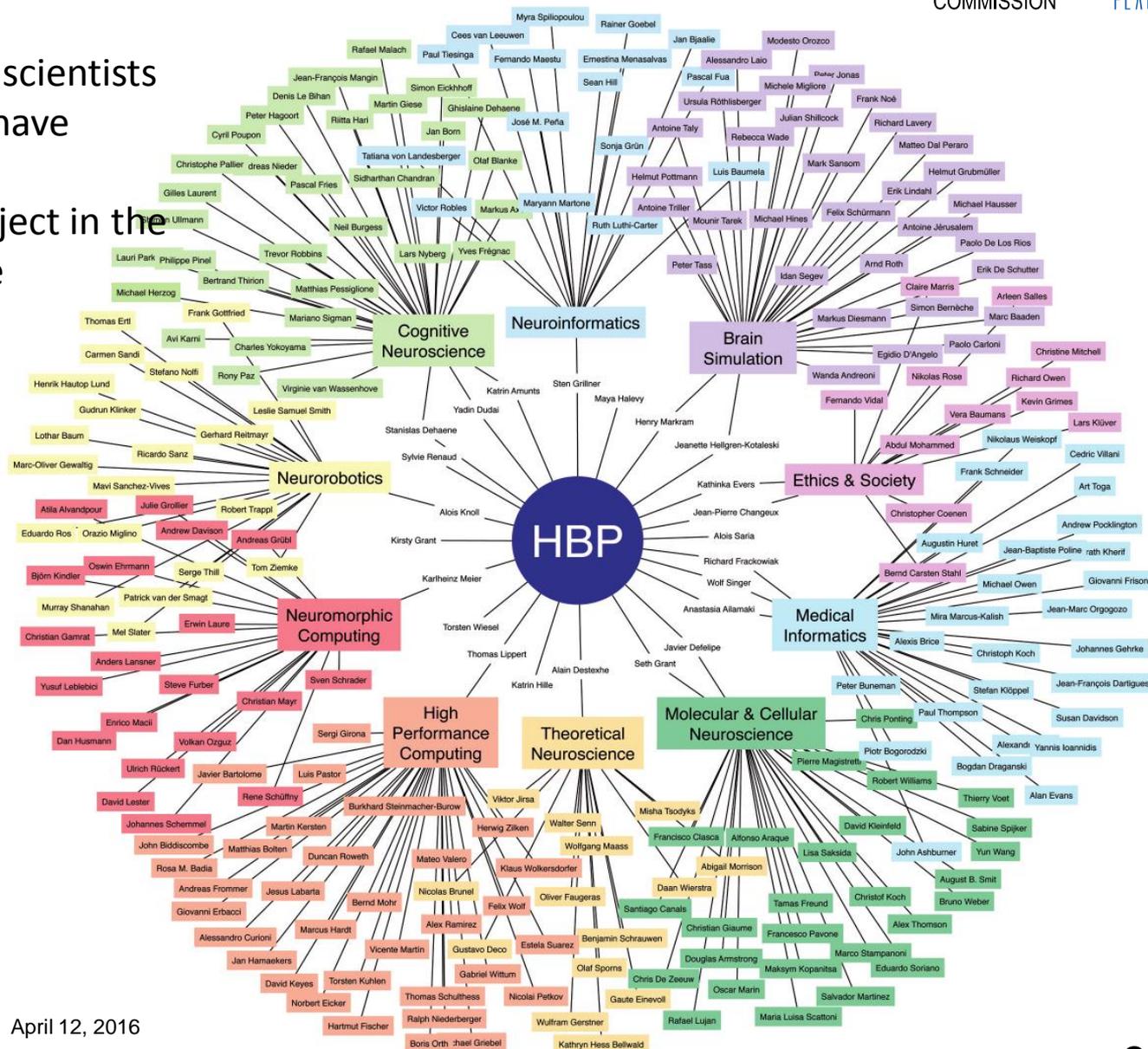


- Connect all models
 - Brain Model
 - Robot Model
 - Environment
- Coordinate simulators
- interact with user

The HBP Consortium

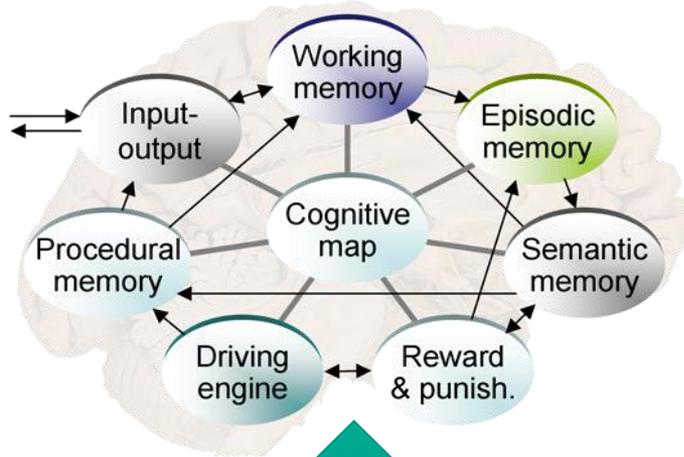


- More than 750 scientists and engineers have contributed to the Core Project in the Ramp-up phase
- 60-70% Core
- 30-40% Grants

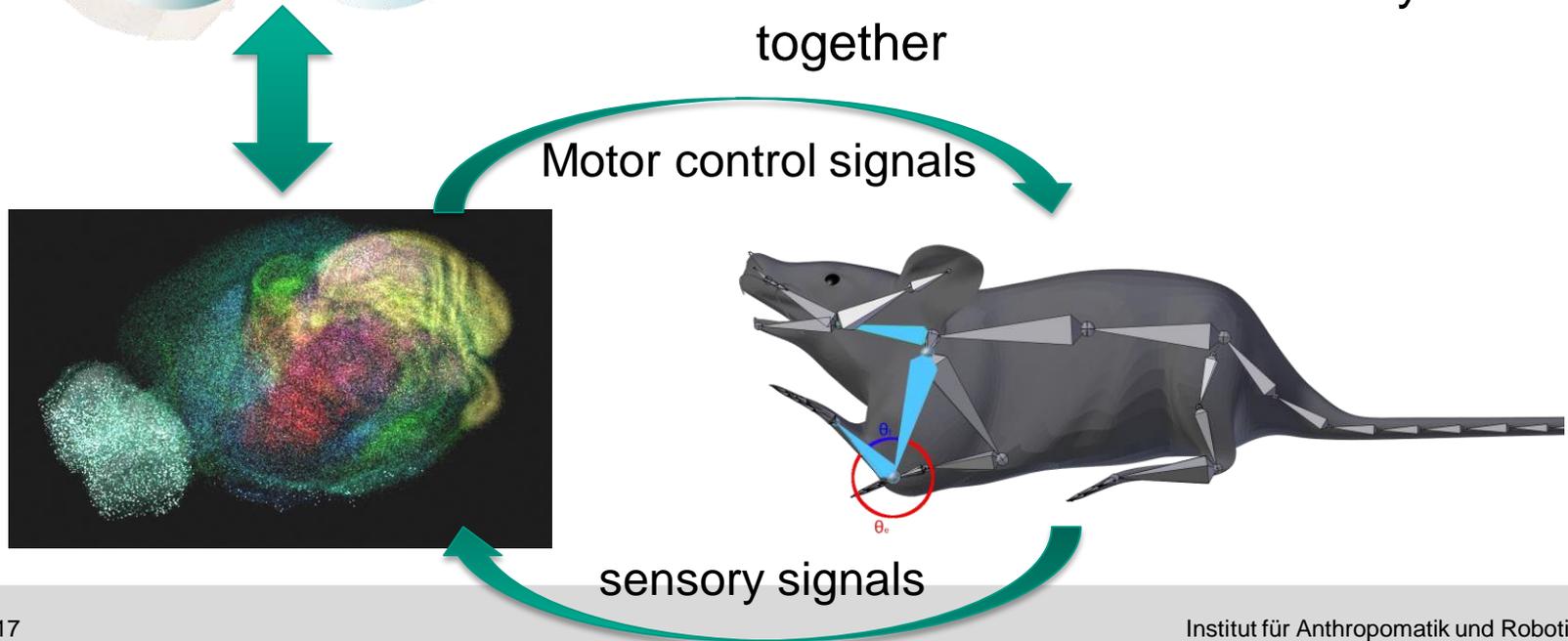


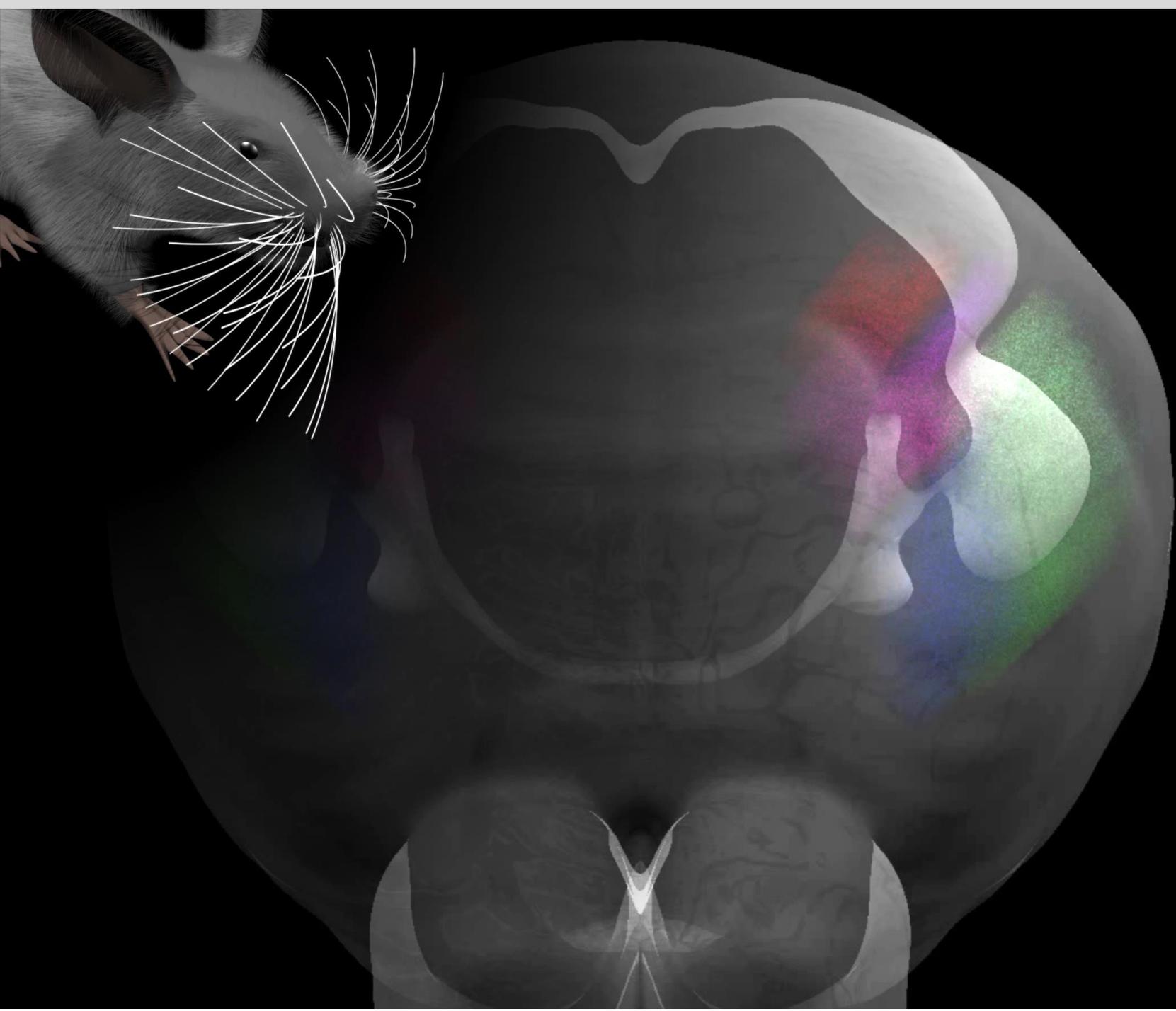
- USA
- Israel
- Japan
- China
- Canada

Brain models for neurorobotics: synergies between brain and body

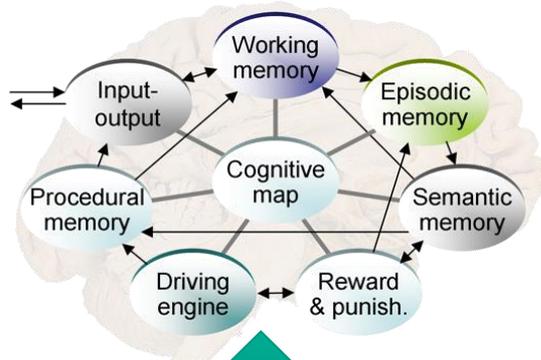


- Brain models set the boundary conditions for cognitive architectures*
- Body models provide the boundary conditions for kinematic systems
- These constraints may help us to discover how brain and body work together

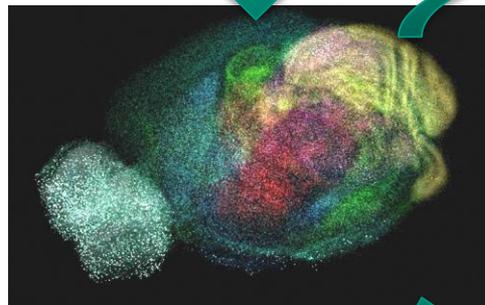




Neurorobotics In Silico Experimentation

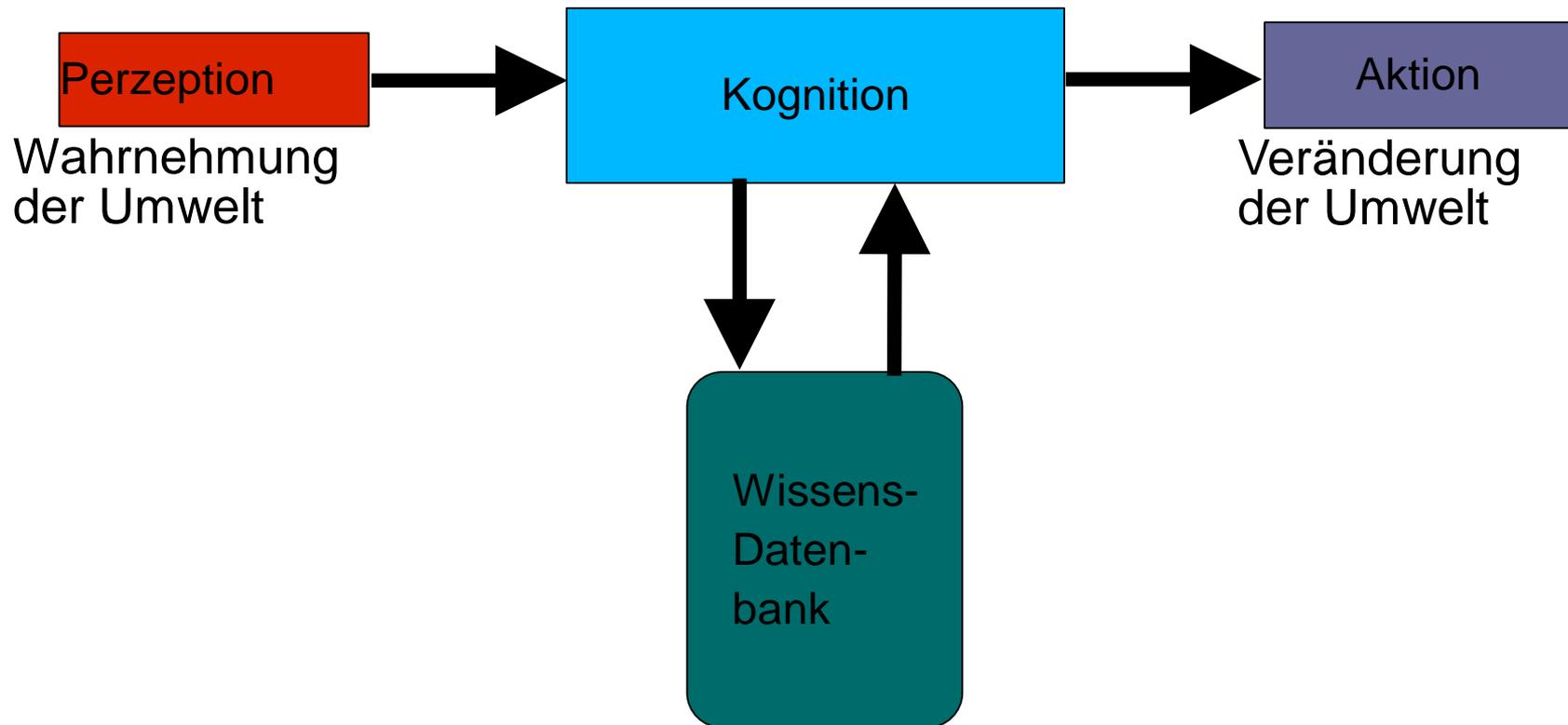


- The Neurorobotics Platform allows researchers to investigate how brain and body models work together
- Body models provide boundary conditions for sensing and acting



sensory information

Aufbau eines kognitiven Systems



Einführung

Komponenten eines kognitiven Systems:

- **Perzeption:** Aufnahme der Umwelt durch Sensoren (Taster, Kameras, Mikrofone,...)
- **Wissensdatenbank:** Repräsentation gelernter Zusammenhänge und Reaktionen darauf
- **Kognition:** Auf der Wissensdatenbank arbeitende Algorithmen
 - Deduktion
 - Induktion
 - Lernen
- **Aktion:** Ausführende Komponente (Textausgabe, Robotersystem,...)

Aufbau der Vorlesung

Perzeption

Kognition

Aktion

Intelligente und Kognitive Systeme

- Was ist Kognition?
- Kognitive Architekturen
- Projekte, Netzwerke, IPs

Herausforderung

- Wie entwickelt man ein Robotersystem mit der Fähigkeit
 - Perzeptions-, Verhaltens- und Kognitions-Kategorien in messbarer Weise zu entwickeln und
 - Diese mit Menschen und anderen künstlichen Agenten zu teilen
- Interdisziplinäre Kooperation nötig:
Ingenieure, Wissenschaftler aus Robotik und Computer Vision, Linguisten, theoretische Neurowissenschaftler und kognitive Psychologen.

Langfristige Ziele

- Kognitive Prozesse, in natürlichen und künstlichen Systemen
- Introspektives Schlussfolgern: Selbstbewusstsein, Wissen über internen Zustand und Fähigkeiten, Beantworten von Fragen, Wissensaustausch zwischen introspektiven Systemen , multimodales Denken
- Systeme mit der Fähigkeit, den emotionalen Zustand des Benutzers zu erkennen und glaubwürdiges emotionales Verhalten zu entwickeln, falls nötig
- Neue Arten der Repräsentation, Transformation und Visualisierung von Wissen, bezüglich der Kommunikation
- Entwicklung technisch kognitiver Systeme

Ziele und Analyse

■ Ziele:

- Kohärente Sicht und Definition
- Entwurf einer allgemeinen Architektur für Kognitive Systeme
- Erste Implementierung einer allgemeinen kognitiven Systemarchitektur für technische Systeme

■ Literatur:

- Definitionen der Kognition in Psychologie, Biologie und Robotik
- Kognitive Architekturen in verschiedenen Robotikanwendungen, HMI und intelligenten Systemen

Definitionen von Kognition (1)

■ Kognition in der Psychologie: Funktionen der/des

- Perzeption,
- Erinnerung,
- Schlussfolgerns und Problemlösens,
- Motorischen Steuerung,
- Linguistik



- Kognition umfasst intentionale und nicht-intentionale Prozesse
- Unterschiede zwischen niederen und höheren kognitiven Funktionen

Definitionen von Kognition (2)

Aus „Das Gehirn und seine Wirklichkeit“, G. Roth (1995)

■ Prinz, 1976

- Phänomene des Verstehens
 - Perzeption,
 - Denken,
 - Schlussfolgern und
 - Evaluation
- Orientierung von Organismen in ihrer Umgebung

■ Roth

- Kontextgetriebene Perzeption, Repräsentation und Intention

Definitionen von Kognition (3)

Aus „The Blackwell Dictionary of Cognitive Psychology“

■ Eysenck (1990)

- Wissensrepräsentation
- Sprache, Lernen,
- Denken, Perzeption

Aus „Cognitive psychology and information processing“

■ Lachman & Lachman & Butterfield 1979

- Aufmerksamkeit, Perzeption
- Lernen und Gedächtnis

Definitionen von Kognition (4)

■ Enc. Brittanica

- Experience of knowing
- perceiving, recognizing, conceiving, reasoning, judging
- not: feeling, willing

■ Yahoo

- process of knowing
- awareness, perception, reasoning and judgement

Definitionen von Kognition (5)

In „Cognition – Perspectives from autonomous agents“, R. Pfeifer, AI-Lab, Zürich, 1995

■ McFarland, 1991

- Kognition = Manipulation deklarativen Wissens

■ Neisser, 1967

- Andere Aspekte: sensation, perception, imagery, retention, recall, problem solving, thinking

■ Ashcroft, 1994

- processes and activities used in perceiving, remembering, thinking and understanding and using those processes

Definitionen von Kognition (6)

■ Stefan Schaal, USC

- Definition kognitiver Fähigkeiten für Robotik nicht “fruchtbar”
- Formulierung kognitiver Fähigkeiten wie Lernen, Abstraktion...

■ Maja Mataric, USC

- Denken, Schlussfolgern, zielgetriebenes Verhalten

■ Kawamura, Vanderbilt university

- perception, learning, reasoning, decision-making, communication, action

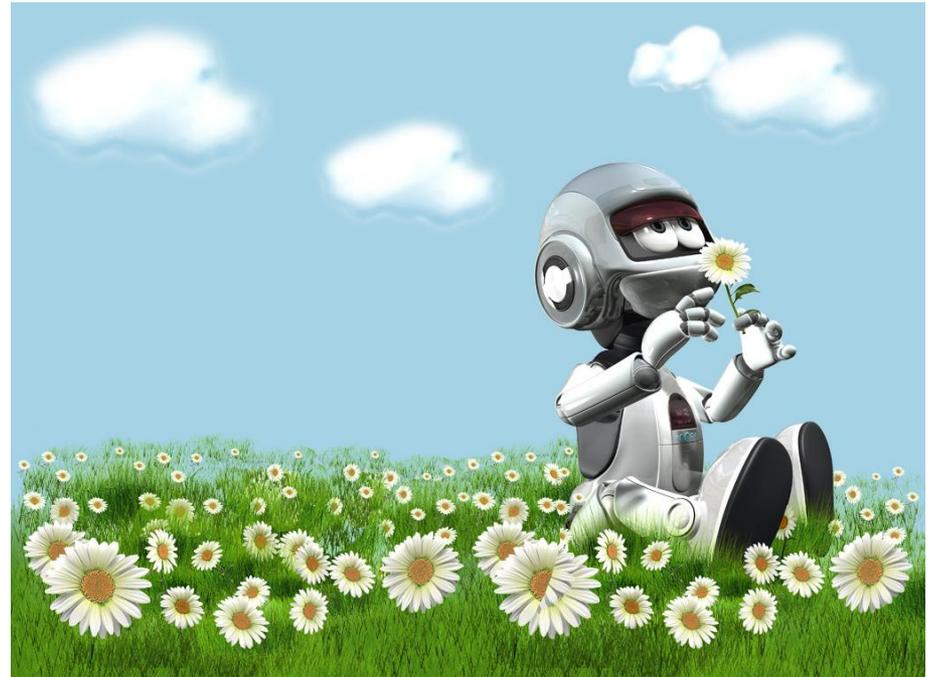
■ Aaron Sloman, University of Birmingham

- „emotion, learning, understanding, perception, consciousness, reactive, deliberative etc.“

Definitionen von Kognition (7)

■ Motivation und Emotionen [Strube 1996]:

- Starke kognitive Aspekte
- Unterschiede zur Kognition
- Dennoch stark verflochten



Definitionen von Kognition (8)

- Offensichtlich unterschiedliche Definitionen mit vielen gemeinsamen Elementen
- Verständnis der Kognition in der Robotik relativ nahe an der psychologischen Definition, Restriktionen durch technische Grenzen
- Definitionen adressieren verschiedene Aspekte

Bedeutende Themen bei Kognitiven Systemen (1)

■ Problemlösen:

- Experimentelle Studien und Problemlösen in unterschiedlichen Domänen
- Architekturen zum Problemlösen
- Neuronale und stochastische Prozesse
- Parallele und verteilte Algorithmen
- Lernen und Evolution von problemlösenden Verhaltensweisen

■ Wissensrepräsentation und Schlussfolgern:

- Formale (logische), probabilistische, räumliche, temporale und informelle (common sense) Wissensrepräsentationen und Schlussfolgerungsmethoden
- Architekturen für Wissensrepräsentation und Schlussfolgern
- Neuronale Modelle für Wissensrepräsentation und Inferenz
- Lernen, Akquisition und Evolution von Repräsentation und Schlussfolgern

Bedeutende Themen bei Kognitiven Systemen (2)

■ Perzeption:

- Perzeption unterschiedlicher (visueller, auditiver und taktiler) Modalitäten
- Perzeption und selektive Aufmerksamkeit
- Architekturen für perzeptuelle Systeme
- Neuronale Modelle der Perzeption
- Integration von Perzeption und Aktion
- Lernen in perzeptuellen Systemen

■ Aktion (Verhalten):

- Reaktive und zielgerichtete Verhaltensweisen
- Lernen von Aktionen/Verhaltensweisen
- Adaptives Verhalten in komplexen dynamischen Umgebungen
- Modelle der Aktions-Selektion
- Architekturen für Aktionen
- Neuronale Modelle für Aktionen
- Integration von Perzeption und Aktion

Bedeutende Themen bei Kognitiven Systemen (3)

■ Gedächtnis:

- Langzeit-, Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis
- Prozedurales, semantisches, episodisches, temporales und räumliches Gedächtnis
- Architekturen für Gedächtnisrepräsentation, -organisation und -abruf
- Neuronale Modelle des Gedächtnisses

■ Lernen:

- Induktives, deduktives, abduktives Lernen,
- Konzeptlernen, prozedurales Lernen; Lernen von Aktionen; ...
- Multi-Strategie-Lernen, statistische Lernmodelle
- Sprachakquisition und Lernen
- Wissensentdeckung und wissenschaftliche Entdeckung; Wissensakquisition und -verfeinerung
- Lernen aus heterogenen Quellen
- Interaktion von Lernen und Repräsentation
- Integration von Lernen, Perzeption und Aktion
- Interaktion zwischen Lerner und Umgebung (Aktives Lernen)
- Architekturen für das Lernen; Neuronale Modelle des Lernens

Bedeutende Themen bei Kognitiven Systemen (4)

■ Sprache und Kommunikation:

- Zeichen und Symbole
- Syntax, Semantik und Pragmatik
- Kommunikationsmodelle
- Multimodale Kommunikation
- Architekturen für Sprache und Kommunikation
- Kommunikation und Problemlösen
- Neuronale Modelle der Sprache
- Sprachlernen (Syntax und Semantik)

■ Agenten:

- Situationsbedingte Kognition
- Kognitive, rationale, soziale Modelle von Agenten
- Inter-Agenten-Kommunikation, Koordination, Verhandlung, Kooperation, Wettbewerb
- Reaktive und zielgerichtete Agenten
- Lernende Agenten, robotische Agenten
- Multi-Agenten-Systeme und Verteiltes Problemlösen
- Architekturen für Agenten
- Neuronale Modelle für Agenten
- Modelle für Ziele, Bedürfnisse, Emotionen, Antrieb und Motivationen von Agenten

Bedeutende Themen bei Kognitiven Systemen (5)

■ Integrative Studien über Kognitive Systeme:

- Multi-level (neuronale, psychologische, rechnerische) Analyse kognitiver Phänomene
- Integrierte Theorien über natürliche und künstliche kognitive Systeme
- Experimentelle Studien über künstliche und natürliche kognitive Systeme
- Ansätze für Planung und Aktion (Informationstheorie, Regelungstheorie und Entscheidungstheorie)
- Ansätze für Problemlösen (Informationstheorie und Komplexitätstheorie)
- Vergleich, Analyse und Synthese verschiedener Paradigmen bei der Untersuchung kognitiver Systeme
- Multidisziplinäre Ansätze zur Untersuchung von Kreativität, Lernen, Wissen und Inferenz, Emotion und Motivation, Bewusstsein und Bewusstheit, Perzeption und Aktion, Entscheidungsfindung und Aktion, etc.
- Kognitive Systeme aus der Perspektive künstlichen Lebens, dynamischer Systeme, komplexer Systeme

Definition Kognitive Architektur

Kognitive Architektur [Strube, Newell 1996]:

- Elementare Mechanismen, fundamental für die Kognition
- Erinnerung an Wissen und seinen Gebrauch, um Ziele zu erreichen
- Interaktion mit der Umgebung in Echtzeit
- Akquisition und Repräsentation von Wissen
- Auswahl von Alternativen an Entscheidungspunkten
- Zugriff auf relevantes Wissen

MIT (AI-Lab und Media-Lab)

Forschungsgebiete:

- Verhaltensbasierte Robotik
- Soziale Interaktion, Empathie
- Lernen durch Imitation von Menschen
- Lernen von Tutoren

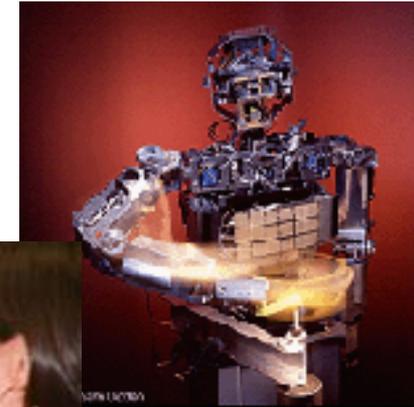
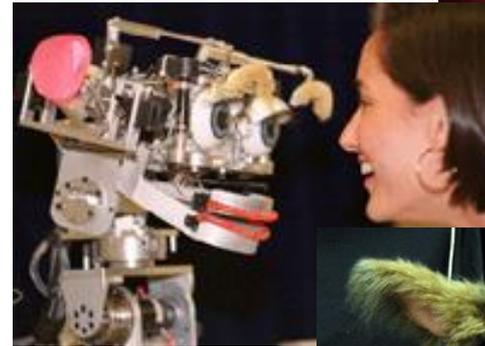
Roboter: Cog, Kismet, Leonardo, Coco, Macaco

Besonderheiten:

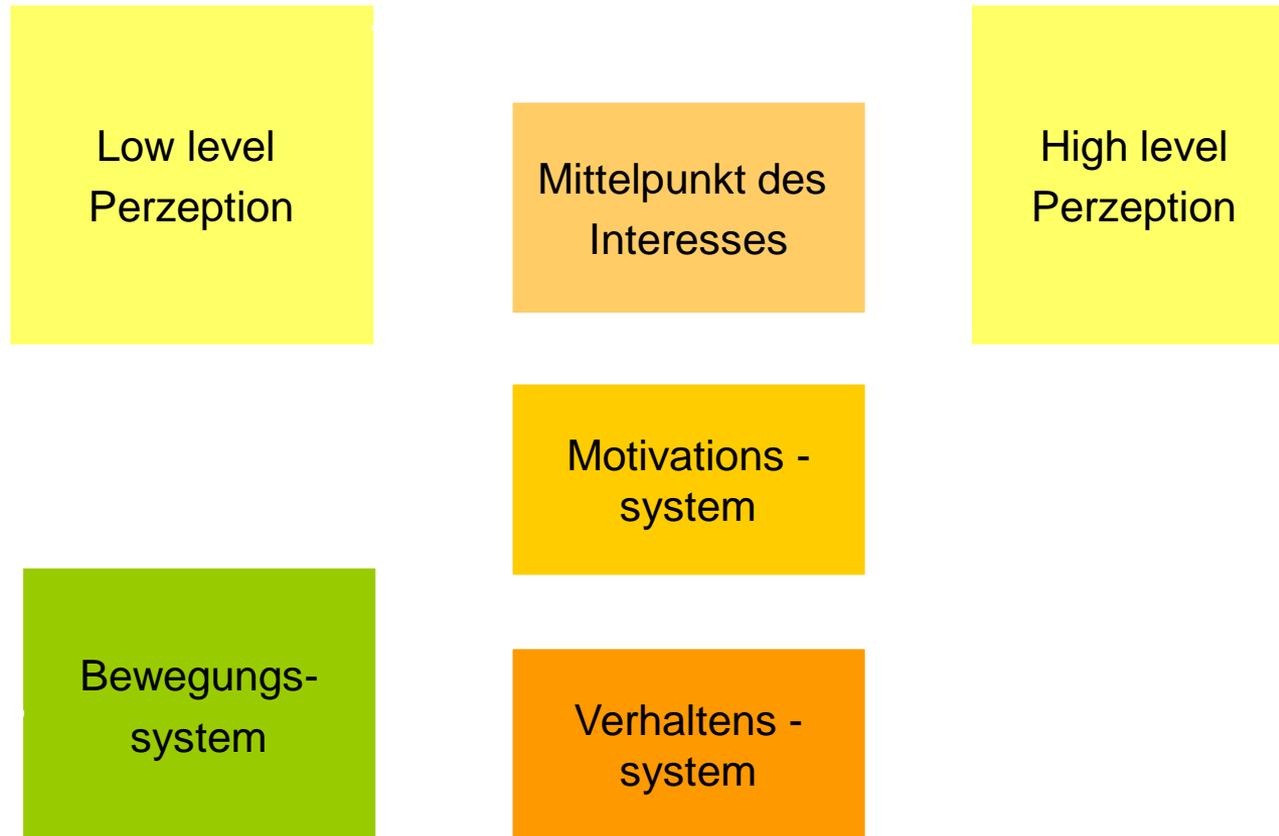
- Verteilte Architektur: Perzeption, motorische Steuerung, Kognition, Wissensbasis
- Modellierung von Emotionen und Motivation

Kooperationen: Robonaut, ETH Zürich, USC, CogSys

Brooks, Breazeal, et al.



MIT (AI-Lab und Media-Lab)



EPFL Lausanne

■ Forschungsgebiete:

- Verhaltensbasierte Robotik
- Lernen durch Imitation von Menschen
(Kommunikation und Motion Capture)

■ Roboter: Robota, Humanoide vom ATR, mobile Plattformen

■ Besonderheiten:

- Biologisch inspiriert, d.h. “intelligente” Kodierung von Bewegungsprimitiven
- Keine vollständige kognitiver Struktur

■ Kooperationen: University of South California, ATR Japan

Siegwart, Billard, Ijspeert



■ Forschungsgebiete:

- Verstehen natürlicher Systeme
- Embodiment und autonome Agenten
- Morphologie/morpho-funktionelle Maschinen
- System-Umgebungs-Kopplung
- Emergenz und Selbstorganisation

■ Besonderheiten:

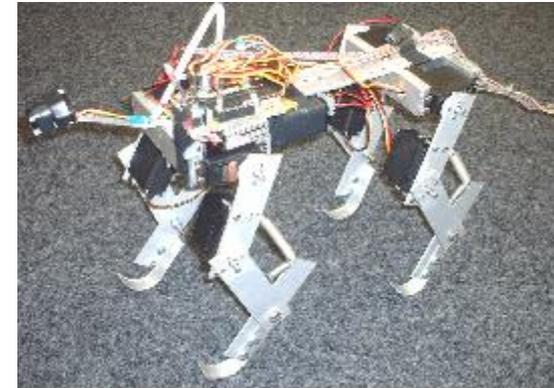
- Inspiration durch Insekten und Menschen

■ Roboter:

- Zweibeinige Laufmaschinen, Eyebot, fliegende Roboter, ...

■ Kooperationen: Tokio, MIT, CMU

Rolf Pfeifer



USC: University of South California (1)

Schaal, Billard,
Ijspeert, Vijayakumar

Forschungsgebiete:

- Computational Learning
- Motorische Steuerung and Bewegungsprimitive
- Nichtlineare Regelung
- Imitation (Bewegung, einschl. Augen, Arme, zweibeiniges Laufen)

Besonderheiten:

- Computational Neuroscience
- Statistisches Lernen

Roboter:

- Robota, Humanoide vom ATR
- MAVERIC (Humanoider Kopf von RIKEN und SARCOS)

Kooperationen: Lausanne, SARCOS, ATR



USC: University of South California (2)

Forschungsgebiete:

- Verhaltensbasierte Ansätze
- Multi-Roboter-Koordination
- Unterstützende Mensch-Roboter-Interaktion
- Sozial unterstützende interaktive Roboter

Mataric et al.

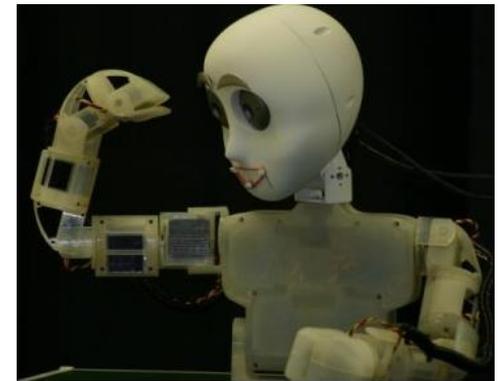


Roboter:

Mobile Plattformen, AIBO, Humanoider Torso

Besonderheiten:

- Unterstützende Mensch-Roboter-Interaktion
- Verteilte Multi-Roboter-Regelung und Lernen



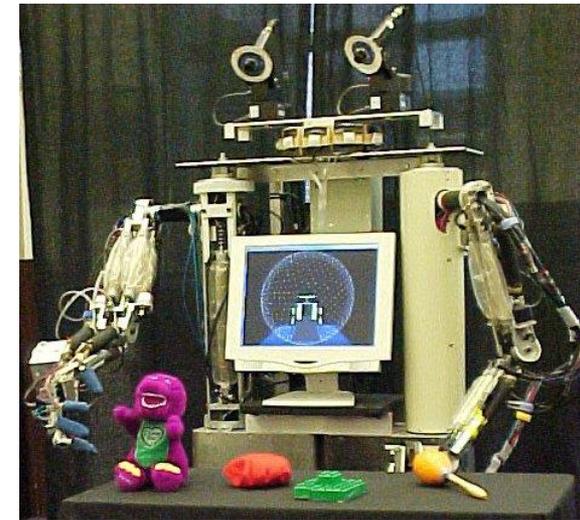
Kooperationen: MIT, EPFL, AI Lab Stanford



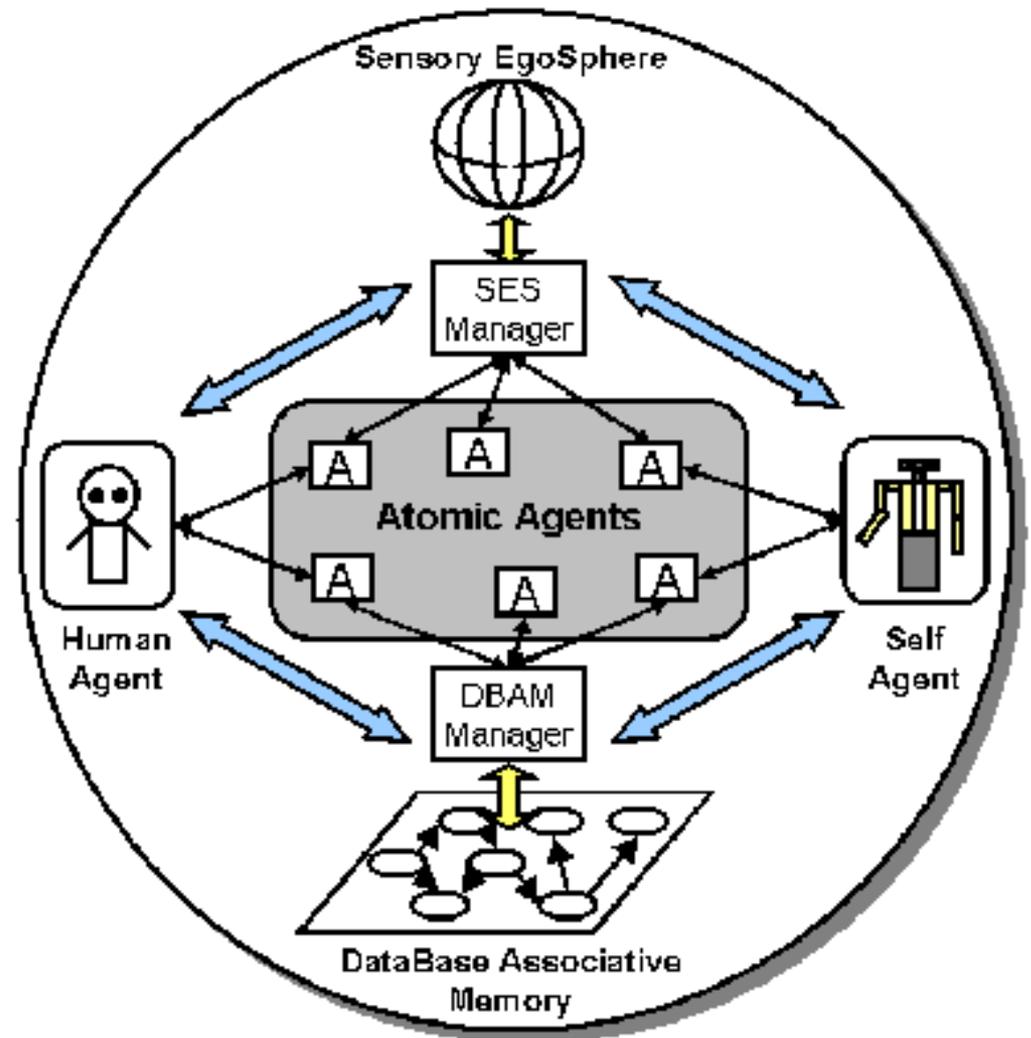
Vanderbilt University (CIS)

- **Forschungsgebiete**
 - Biologisch inspirierte Regelung
 - Assoziatives, episodisches, prozedurales und Arbeitsgedächtnis
 - Spreading Activation Network (SAN)
- **Roboter:** ISAC, Robonaut
- **Besonderheiten:**
 - Modulare Architektur
- **Kooperationen:** NASA-Johnson Space Center, UMass, USC

Kawamura et al.



ISACs Architektur



R. Simmons, CMU

Forschungsgebiete:

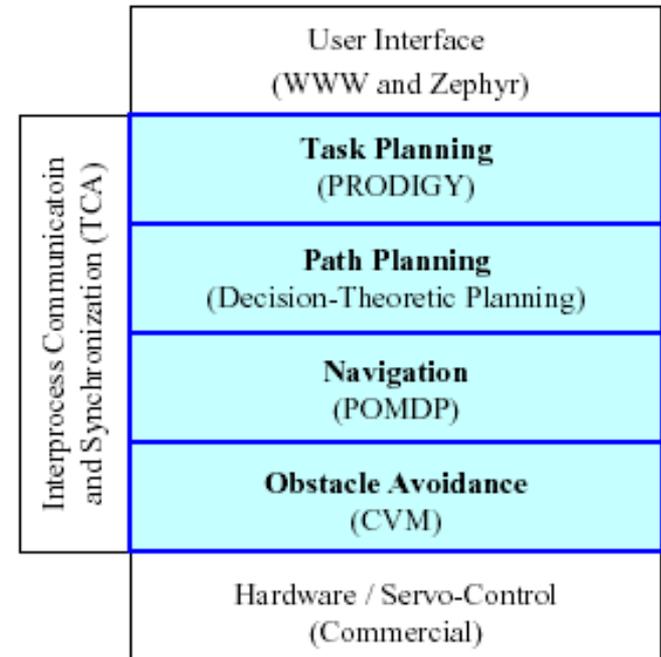
- Architekturen für Autonomie
- Sprache und Architektur für Aufgabenbeschreibung
- Multi-Roboter-Koordination
- Probabilistisches Planen und Schlussfolgern

Besonderheiten:

- Deliberatives und reaktives Verhalten
- Überwachte Ausführung und Fehlerbehebung

Roboter: Xavier, Bullwinkle, Nomad

Kooperationen: Stanford, Georgia Tech



Forschungsgebiete:

- Sprache und Visuelle Perzeption
- Perzeption und Referenz
- Wissen und Inferenz
- Sprach-Aktions-Systeme

Roboter:

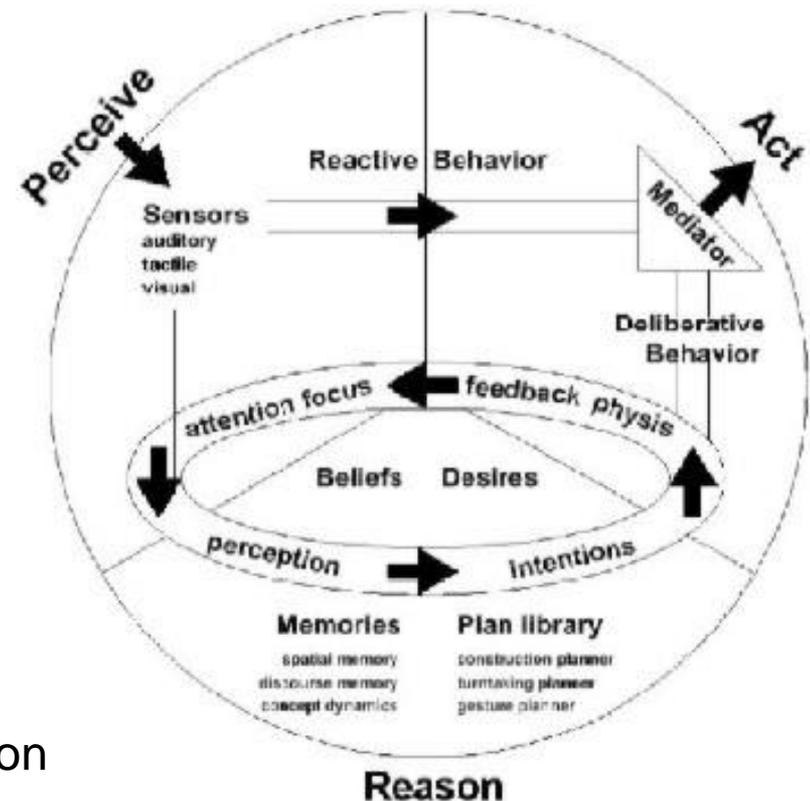
- BIRON, virtueller Roboter Max

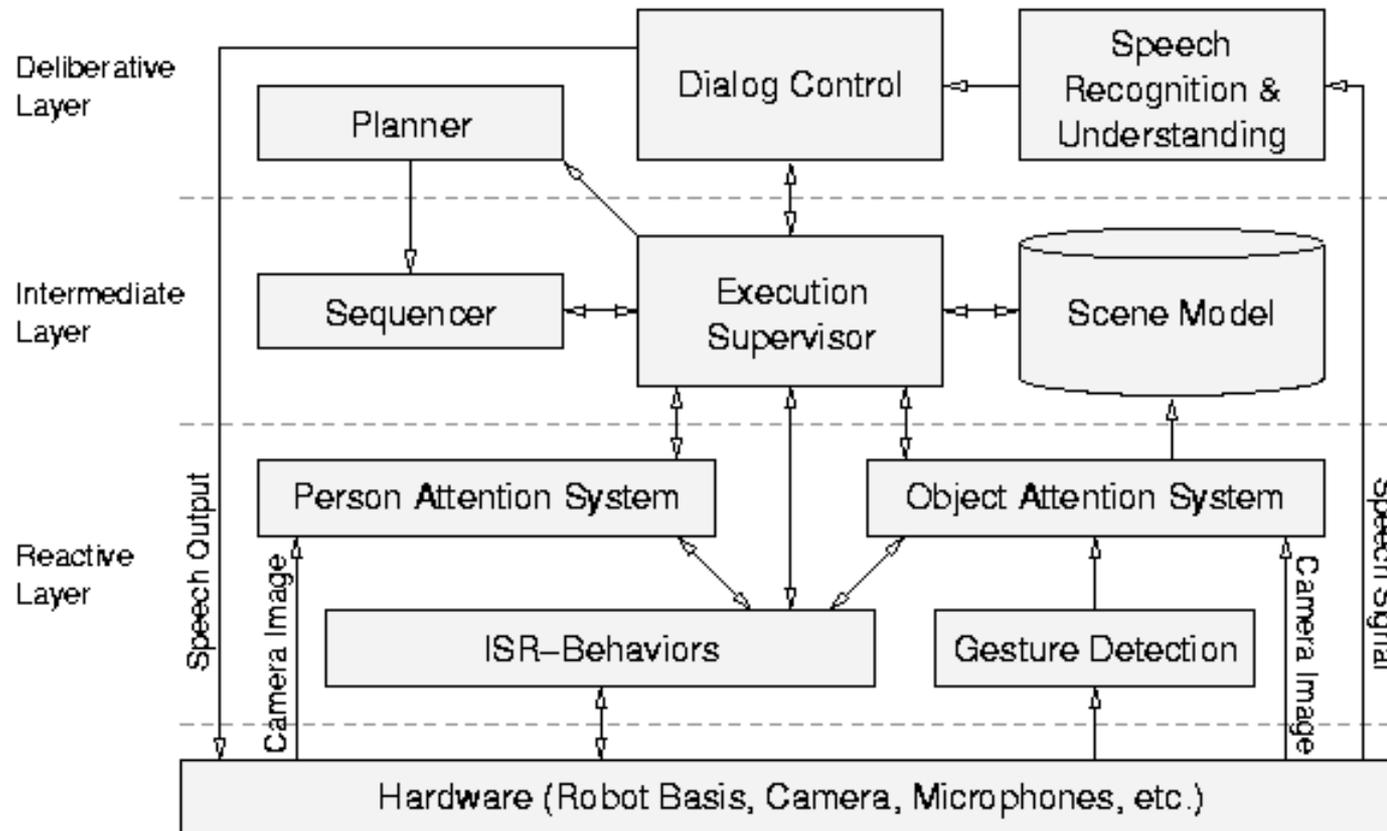
Besonderheiten:

- Hybride Architektur
- Schwerpunkt auf Kommunikation

Kooperationen: SFB 360, EU-Cogniron

Sagerer, Kummert, et al.

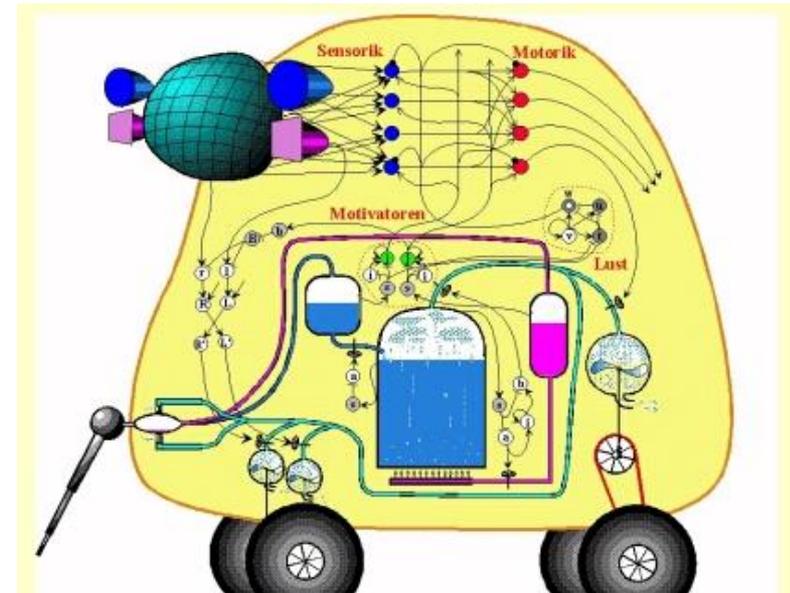




Dietrich Dörner

Forschungsgebiete:

- Psychologie
- Modellierung von Handlungsregulation und Emotionen
- Lernen
- Gedächtnisstrukturen in autonomen Maschinen



Besonderheiten der Robotersimulation:

- Kognitive Architektur auf hohem symbolischen Level

Forschungsgebiete:

- Hierarchische Perzeption, Aktion und Regelung
- Reinforcement Learning
- Zwischen reaktiven, deliberativen und Meta-Management-Schichten

Roboter:

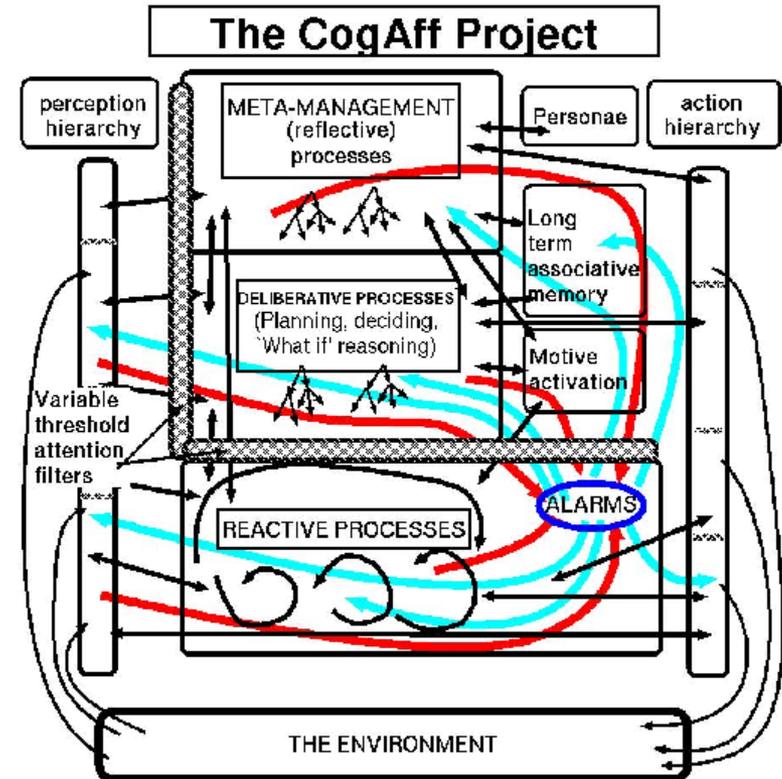
- Khepera-Roboter und -Simulationen
- Empirische Studien

Besonderheiten:

- Entwicklung einer speziellen Architektur
- Mehrere Ziele (generalisiert auf Motivatoren)

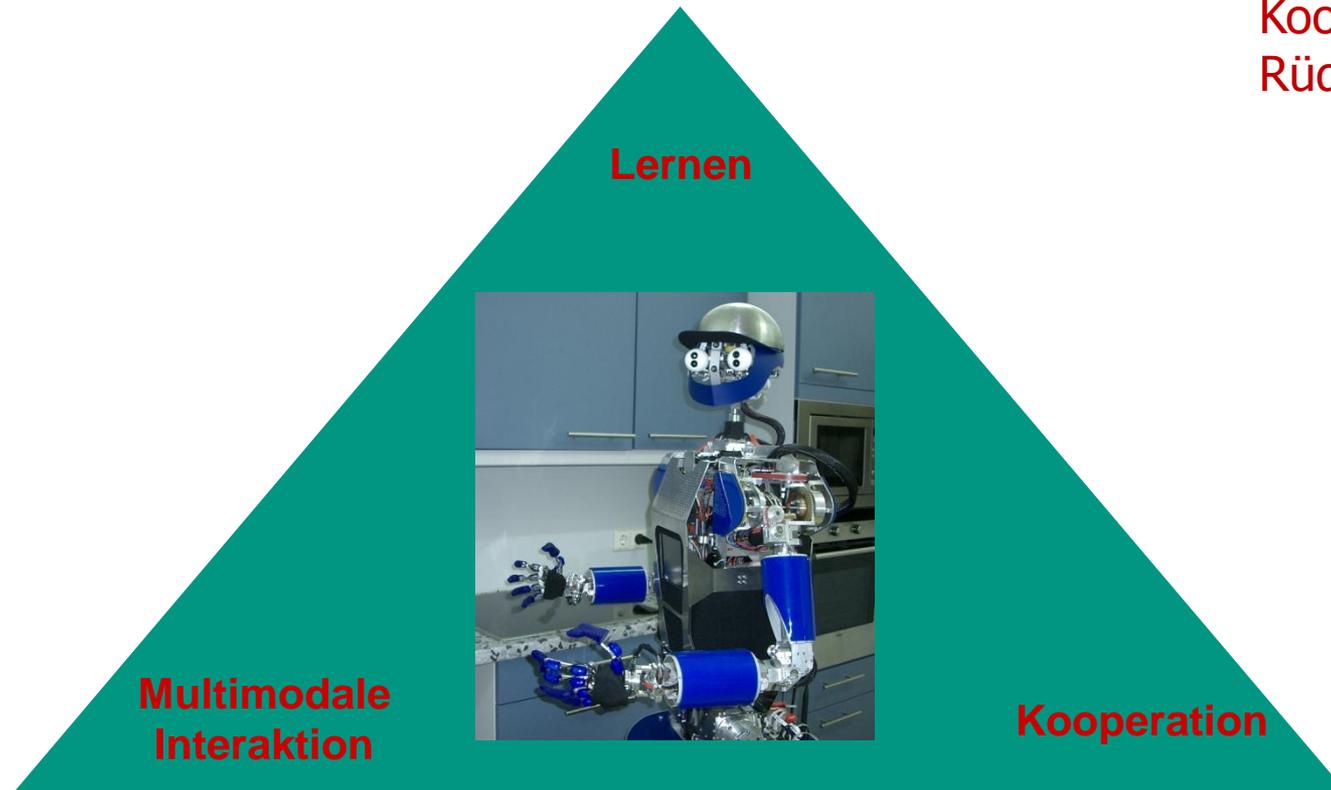
Kooperationen: EU CogSys

Aaron Sloman



Sonderforschungsbereich Humanoide Roboter – Lernende und kooperierende multimodale Roboter (SFB 588)

Koordinator:
Rüdiger Dillmann



EU-Projekt PACO-PLUS (abgeschlossen 2010)

PACO-PLUS: Perception, Action and Cognition through Learning of Object-Action Complexes (OACs)

Koordinator: Rüdiger Dillmann

Theory of Event Coding (TEC)

Hommel et al. 2001 BBS

Eine gemeinsame Repräsentation für Perzeption und Aktion existiert.

OACs: Technische Ausführung von TEC

Computational Theory of Mind

Putnam, 1961; Dennett 1984,
Porr & Wörgötter 2005

Lösung des Frame-Problems durch *verkörperte, situierte, adaptive* Agenten, die auf Störungen in der Umwelt auf *proaktive, vorausschauende* Weise reagieren.

Hochintegrierte Roboterplattformen verarbeiten ein Kontinuum verschiedener Stimuli, während sie sinnvolles Verhalten produzieren

Language

Quine 1960,
Siskind 1996,
Villavicencio 2002
Steedman 2002

Sprachlernen ist einfach. Die Entwicklung der zugrunde liegenden Konzepte ist schwierig.

OACs legen gemeinsame fundierte Symbole als Grundlage von Sprache fest

Theory of Learning

Camerer 2003
Torras 2002,
Porr & Wörgötter 2003

Konvergentes Lernen entsteht durch Minimierung von Kontingenzen und Maximierung des Ertrags.

Gemeinsame Evaluationsfunktion für den Erfolg des Systems

PACO-PLUS: Entwickelte Methoden (1)

paco | plus

perception, action and cognition
through learning of object-action complexes

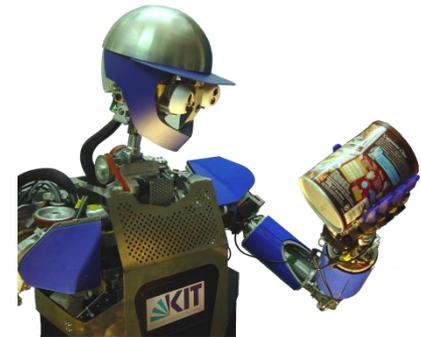
Aktive Visuelle Suche nach Objekten in der Szene:

- Active Vision (beweglicher Roboterkopf mit beweglichen Kameras)
- Wahrnehmung mit fovealen und peripheren Kameras
- Visuelle Aufmerksamkeit zur Bewegungssteuerung
- Szenenspeicher für gesuchte Objekt

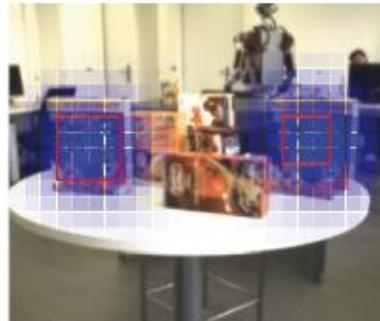


Autonome Akquisition der Objektrepräsentationen

- Geeignete Repräsentationen im Sensorraum des Roboters



Entwicklung am KIT: HIS

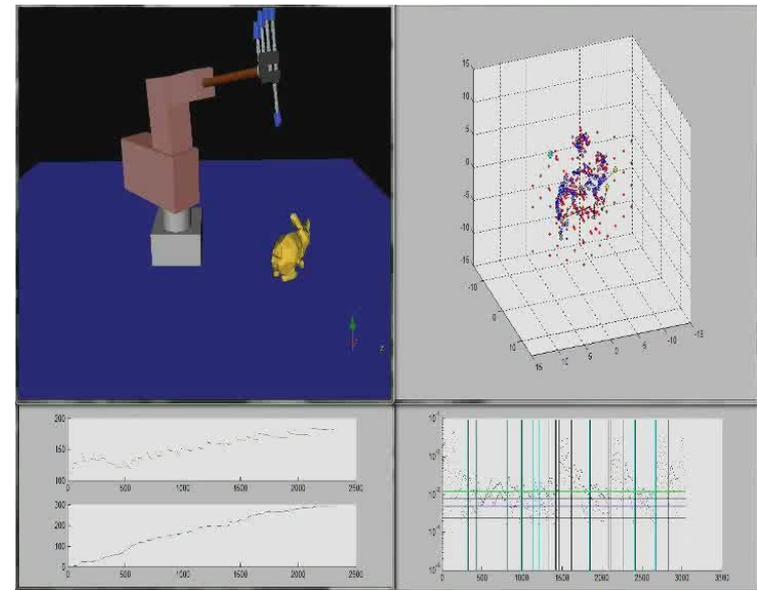


PACO-PLUS: Entwickelte Methoden (2)

Haptische Exploration von Objekten:

- Abtasten von unbekanntem Objekten:
 - Potenzialfeldbasierte Exploration
 - Erstellung von Objektmodell
 - Superquadrik-basiert
 - Generierung von Greifhypothesen
 - Wiedererkennung von Objekten
- Roboterhand:
 - Pneumatische Roboterhand mit propriozeptiver Sensorik
 - Taktilsensordaten
 - Kraft-Positionsregelung

Entwicklung am KIT: HIS



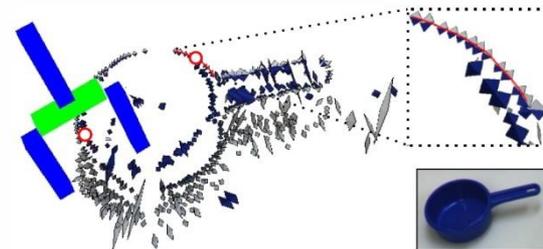
PACO-PLUS: Entwickelte Methoden (3)

paco | plus

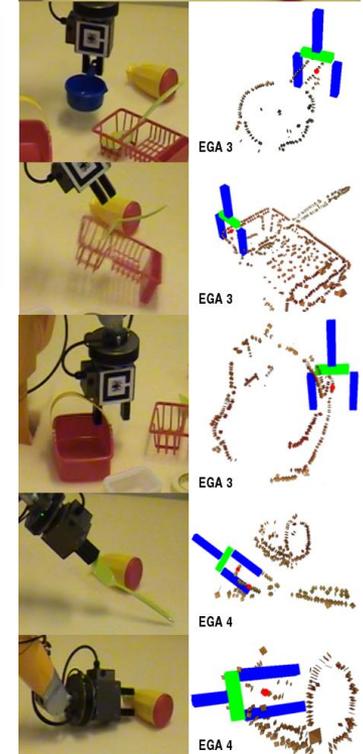
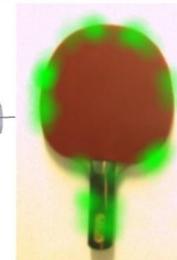
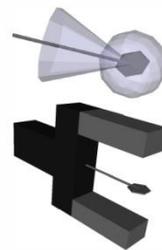
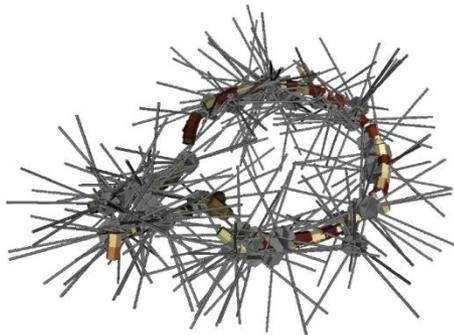
perception, action and cognition
through learning of object-action complexes

Greifen basierend auf Kanteninformationen:

- Für unbekannte Objekte
- Nur visuelle Daten als Grundlage
- Visual Primitives und Relationen darauf:
 - Co-planarity
 - Co-linearity
 - Co-colority
- Griff-Repräsentation:
 - Grasp Densities



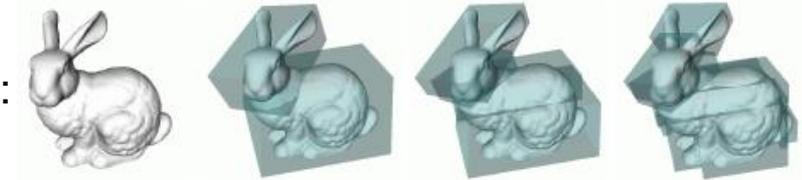
Projektpartner: University of Southern Denmark



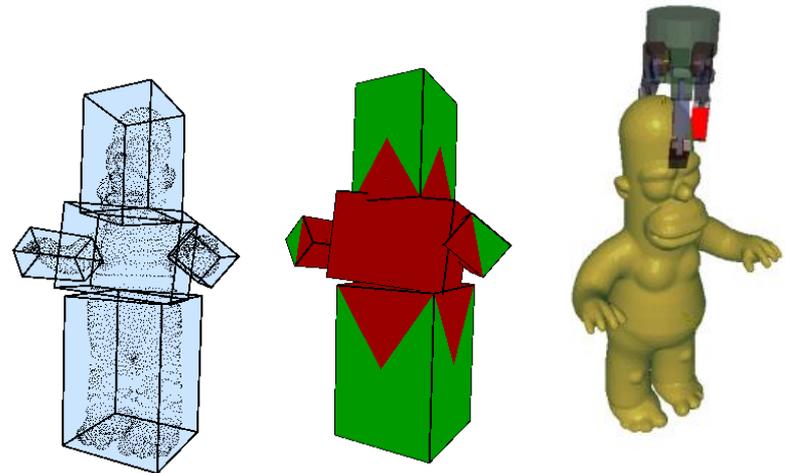
PACO-PLUS: Entwickelte Methoden (4)

Greifen mit Box Decomposition:

- Annäherung der Objektgeometrie über Bounding Boxes
- Generiere Griffe auf Bounding Boxes
- Für bekannte Objekte (Objektmodell bekannt):
 - Box Decomposition auf Objektmodell
- Für unbekannte Objekte:
 - Box Decomposition auf Punktwolke aus Sensordaten (Laser, Stereo-Kamera)



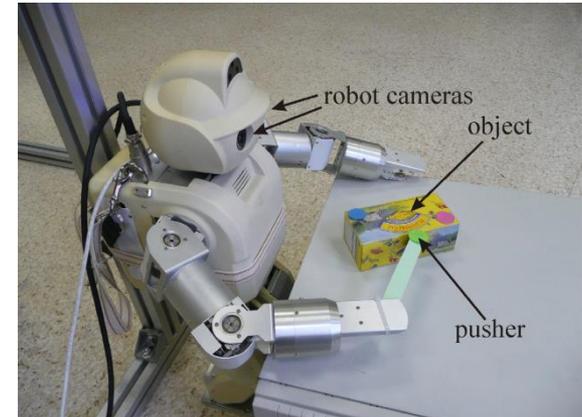
Projektpartner: KTH Stockholm



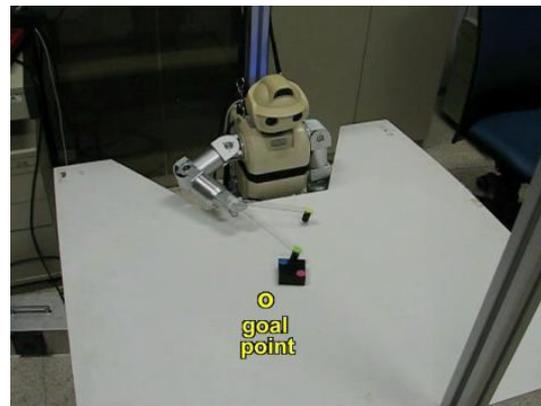
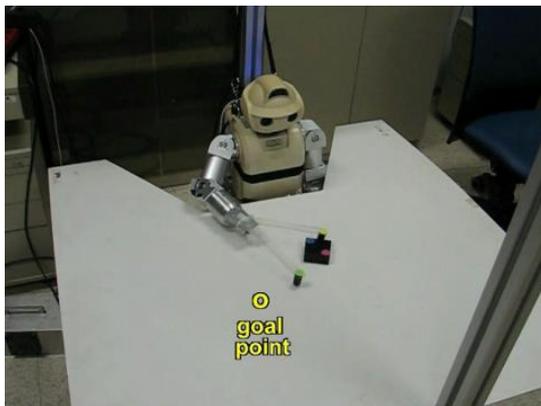
PACO-PLUS: Entwickelte Methoden (5)

Lernen einfacher Aktionen durch Objekt- Exploration:

- Roboter stößt Objekt an
- Beobachtung der Objektbewegung
- Roboter lernt Zusammenhang zwischen Kontaktpunkt sowie Winkel des Stoßes und der resultierenden Objektbewegung



Projektpartner: Jozef Stefan Institut (Slowenien)

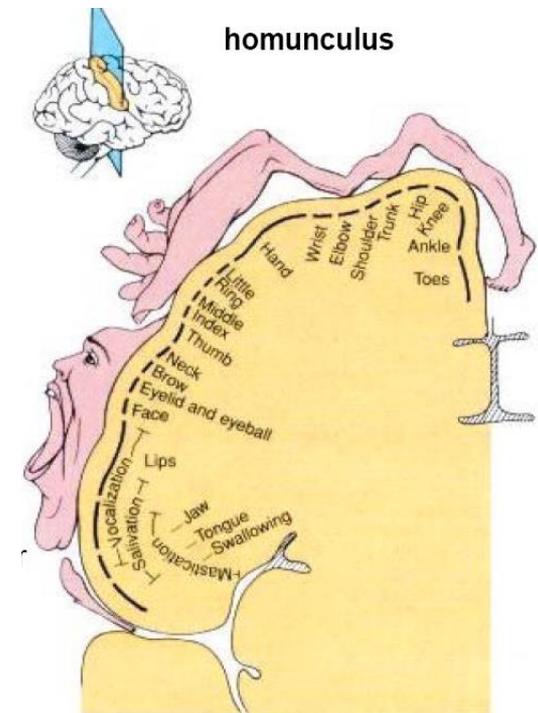


EU-Projekt GRASP (abgeschlossen 2012)



- GRASP: Emergence of Cognitive Grasping through Emulation, Introspection and Surprise
- Ziele
 - Theorie der Modellierung des Greifens
 - Selbst- und Kontextbewusstsein
 - Neugier- und überraschungsgetriebenes Verhalten
 - Neue Greifstrategien
 - Nutzung und Auswertung für zukünftige Prothesen, industrielle und Dienstleistungsmärkte
- Greifen und Manipulation als Regelungsprobleme wurden seit den Anfängen der Robotik erforscht, ABER:
 - Bisher kaum Forschung zu kognitiven Aspekten des Greifens, Implementierung und Evaluation von Systemen
 - Ansatzpunkt für GRASP

Koordinator:
Danica Kragic

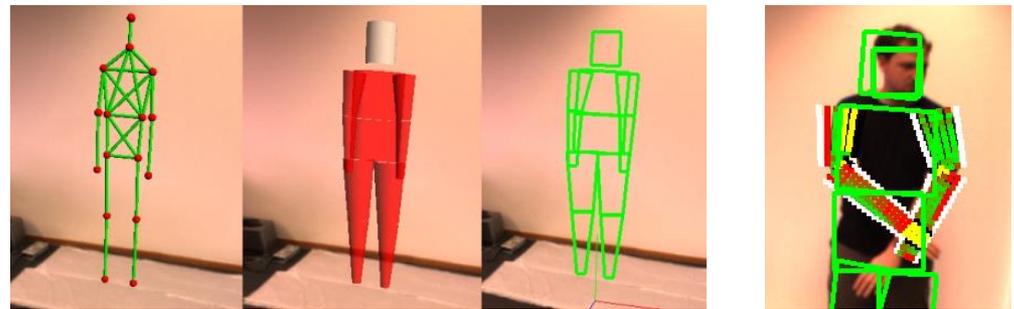


GRASP: Ergebnisse (1)

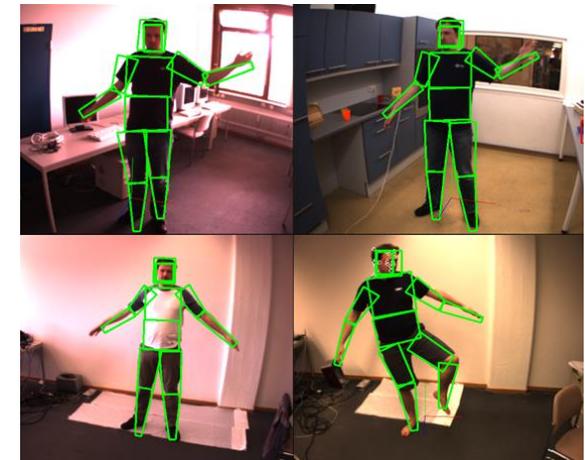
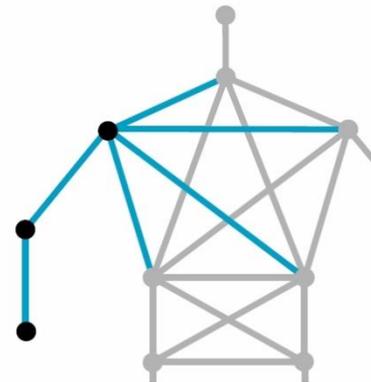
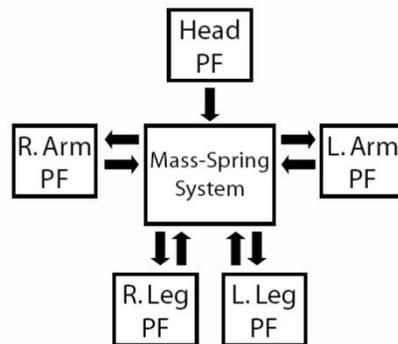
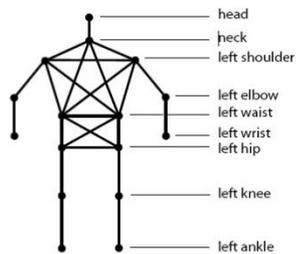


Markerloses Tracking menschlicher Bewegungen:

- Kombiniertes Ansatz:
 - Interaktion mehrerer Partikel-Filter
 - Körpermodell als Feder-Masse-System



Entwicklung am KIT: HIS



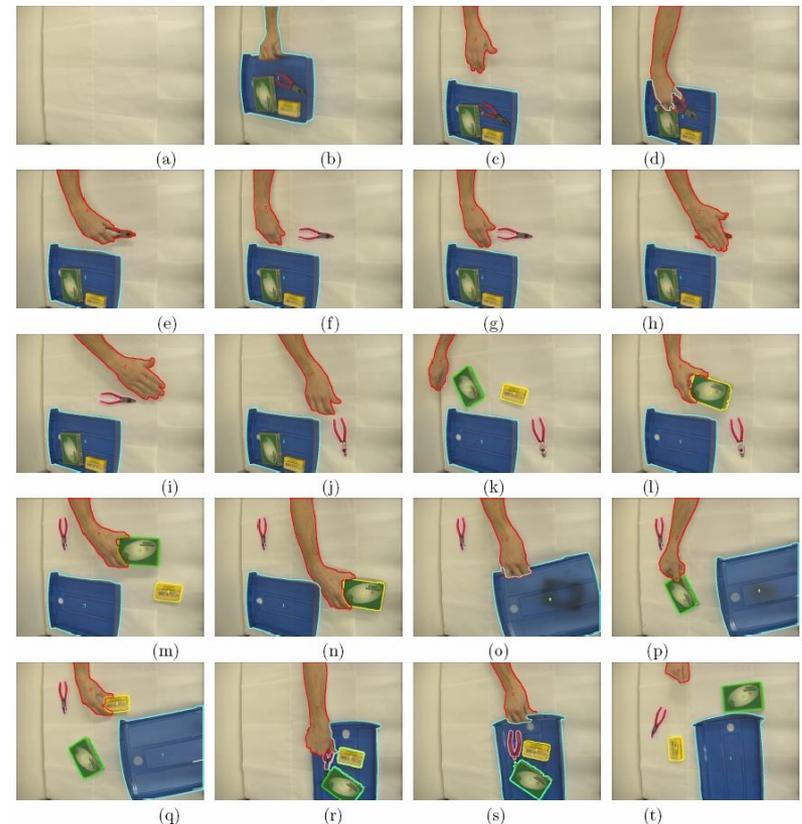
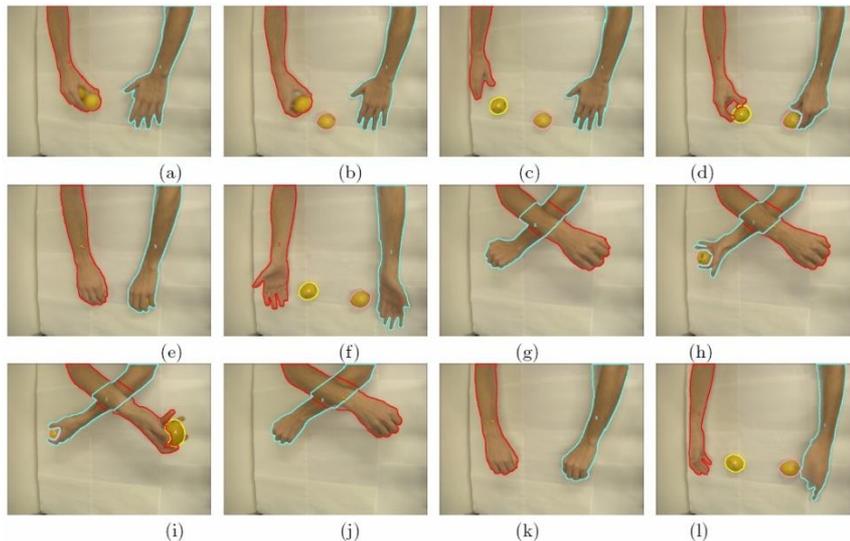
GRASP: Ergebnisse (2)



Objekt-Tracking bei Verdeckung:

- Konzept: “object permanence”
- Annahme: Verdecktes Objekt wird in der Nähe des verdeckenden Objektes wieder auftauchen

Projektpartner: FORTH (Griechenland)



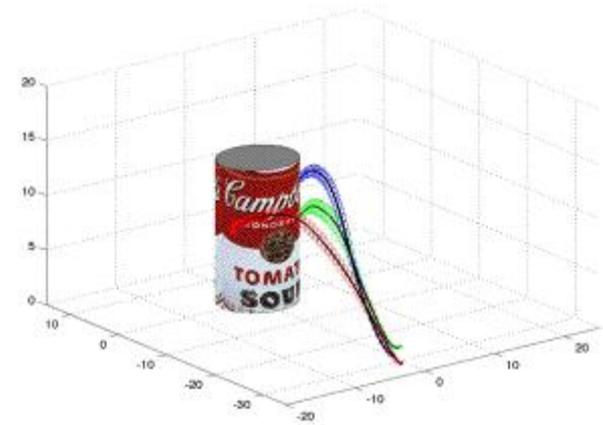
GRASP: Ergebnisse (3)



Aufnahme Menschlicher Greifbewegungen:

- Ziel: Griffe vom Menschen auf Roboter übertragen
- Kombiniertes Ansatz:
 - Elektromagnetisches Trackingsystem
 - Stereo-Videokamera
- Klassifikation von Griffen

Projektpartner: FORTH, LMU, KIT

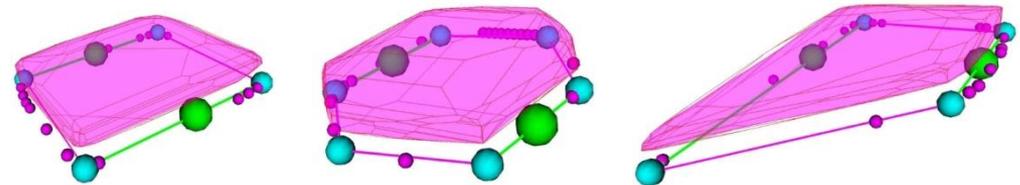
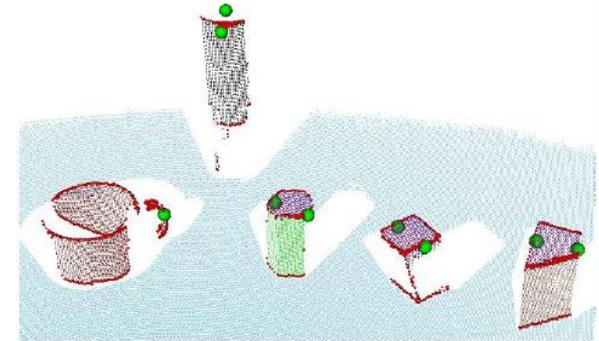


GRASP: Ergebnisse (4)

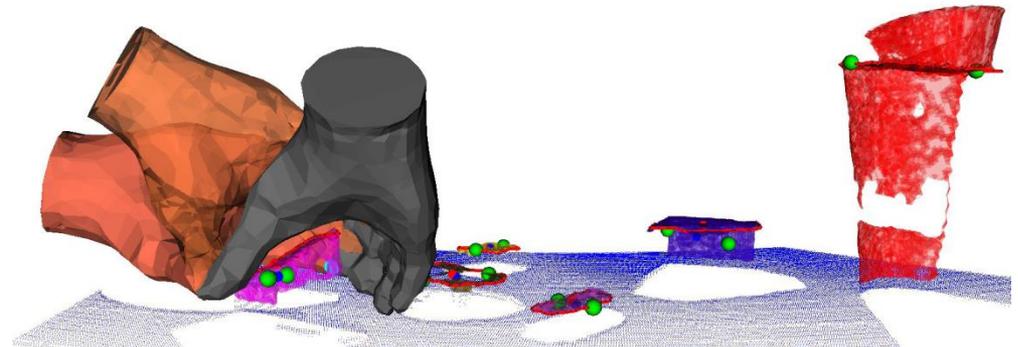


Greifen unbekannter Objekte:

- Stereo-Kamera- und Laser-Daten
- Segmentierung der Punktwolke in Teile
- Regelbasierte Bestimmung von Griffpunkten (im Bild: grüne Kugeln)
 - Gegenüberliegende Griffpunkte
 - Offene Objekte am Rand greifen
 - Greife am Henkel, falls vorhanden



Projektpartner: TU Wien



EU-Projekt **XPERIENCE** (seit 2011): Robots Bootstrapped through Learning from Experience

Karlsruhe Institute of Technology Germany
R. Dillmann, T. Asfour



University of Göttingen, Germany
F. Wörgötter



University of Innsbruck, Austria
J. Piater

Italian Institute of Technology, Italy
G. Metta, G. Sandini



XPERIENCE.ORG



University of Southern Denmark, Denmark
N. Krüger

Jozef Stefan Institute, Slovenia
A. Ude



University of Edinburgh, United Kingdom
M. Steedman, C. Geib

Xperience: Problem und Lösungsansatz

State of the Art (entwicklungsorientierter Ansatz): Exploration der Welt erlaubt Akquisition von grundierten und robusten kognitiven Repräsentationen. Dies ist ein “**outside-in**” datengetriebener Prozess.

Kognitive Fähigkeiten des Menschen: Wir können auch **generative Mechanismen** zur Wissenserweiterung benutzen, basierend auf Erfahrung ((e)Xperience).

Vorteil: Dies ist ein viel schnellerer modellgetriebener “**inside-out**” Prozess!

Ansatz: XPERIENCE wird ein vollständiges Robotersystem implementieren, das entwicklungsorientierte und generative Mechanismen kombiniert, um automatisiertes introspektives, prädiktives und interaktives Verstehen von Aktionen und dynamischen Situationen zu erreichen.

Hauptneuheit von Xperience

Structural Bootstrapping

Expliziter Mechanismus für die generative Modellkonstruktion; verwendet für die interne Simulation, um Wissen zu erweitern.

Structural Bootstrapping

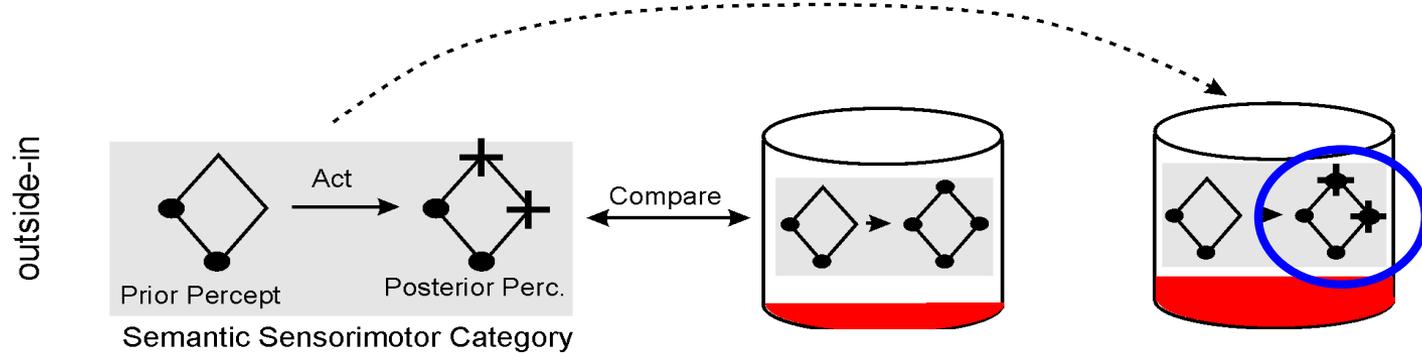
- Der Prozess des Structural Bootstrapping vergleicht eine neu beobachtete Entität mit einem Modell bisher erfahrener Entitäten,
 - um die neue Situation zu verstehen und
 - Folgen von Aktionen vorherzusagen
- Das Konzept ist **dem menschlichen Spracherwerb nachempfunden**:
 - Beispiel: Das Wissen **“Fülle eine Flasche mit Wasser”** erlaubt uns, auf die Rolle von xxx zu schließen als etwas, in das Wasser eingefüllt werden kann, wenn wir den Satz **“Fülle xxx mit Wasser”** hören.
- Xperience **überträgt dieses Konzept** auf das ganze Spektrum kognitiver Robotik-Probleme.
 - Detaillierte Erklärung: Das Wissen über die Grammatik einer Sprache und die Bedeutung umgebender Worte in einem Satz erlaubt die Identifikation der Kategorie und des semantischen Typs eines unbekanntes Wortes.

Fünf bedeutende wissenschaftliche Fragen

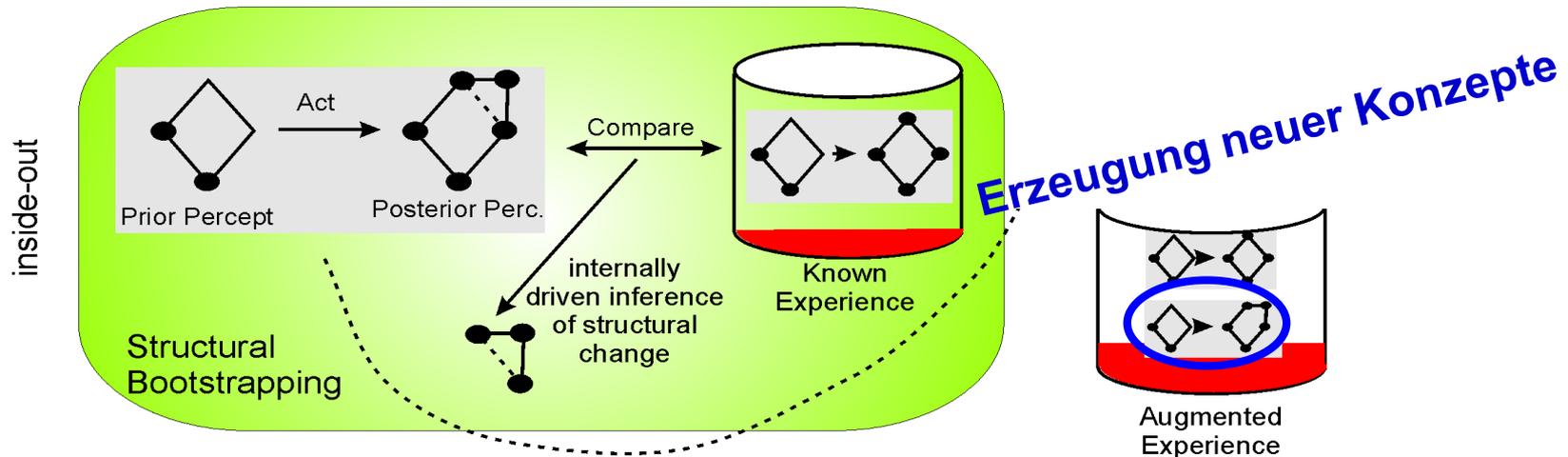
1. Wie kann man die **explorationsbasierte Wissens-Akquisition** verbessern (“outside-in”-Stufe)?
2. Wie kann man **generative Prozesse für das Structural Bootstrapping** implementieren (“inside-out”-Stufe)?
3. Wie kann man diese beiden Mechanismen in einem **dynamisch stabilen Prozess** kombinieren?
4. Wie kann man das Verhalten anderer Agenten vorhersagen, um die **Fähigkeit zur Kooperation, Interaktion und Kommunikation** zu verbessern?
5. Wie kann man die Integration **eines vollständigen, verkörperten kognitiven Systems** erreichen?

Erfahrungsbasierte Wissenserweiterung

Stimulus driven outside-in extension of concepts



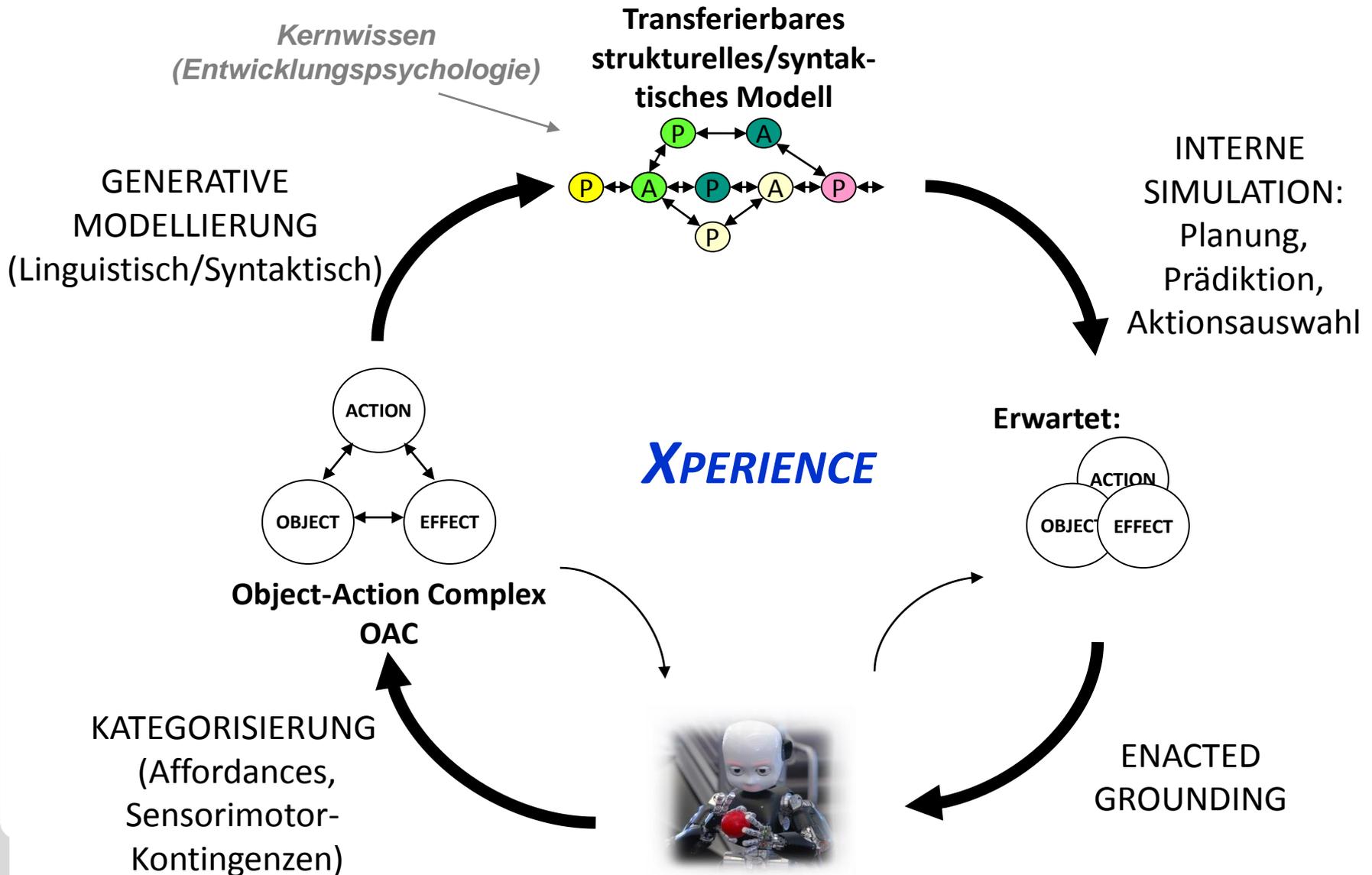
Assimilation in bestehende Konzepte



Erzeugung neuer Konzepte

Internally driven inside-out generation of novel concepts

Die Kognitive Architektur von XPERIENCE



Szenario: “Menschlicher Lebensraum”

- Mehrere Agenten explorieren und lernen durch Demonstrationen mit Hilfe von Structural Bootstrapping

- Wir untersuchen:
 - Zweihändiges Greifen und Manipulieren
 - Roboter-Roboter-Interaktion
 - Mensch-Roboter-Interaktion und -Kommunikation

- Roboter interagieren mit Menschen
 - beim Lernen und Zubereiten eines Kochrezeptes
 - Beim Auf- und Umräumen eines Zimmers in Kooperation mit einem Menschen

