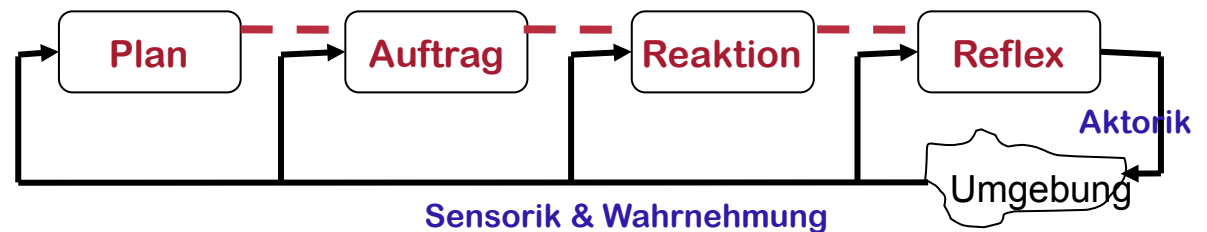


Planbasierte Robotersteuerung



Warum Roboterpläne?

- Nicht nur für Navigation, sondern Handlungsplanung im Allgemeinen! („mission planning“)
- Optimierung des Gesamtverhaltens
- Kohärenz des Gesamtverhaltens über längere Zeit
- Nutzerinteraktion auf „natürlicher“ Granularitätsebene
- Lernverfahren auf hoher Granularität
- Softwaretechnik (Strukturierung des Steuerungscode)

Aber ...

Fundamentalfragen planbasierter Steuerung

- Wie wichtet man in jedem Augenblick in der Steuerung die Einflüsse aktiver Reaktionen und der aktiven Plan-Aktion?
- Wie versorgt man in Echtzeit den Planer mit Information in Symbolform, die er braucht („Situationsbeschreibung“)?
↳ **Umgebungsdateninterpretation, Verankerung**
- Wie geht ein Planer um mit den Widersprüchen in seiner Information, die sich aus Sensorfehlern und aus unterschiedlichem Alter von Daten ergeben?
- Wie erkennt man bei der Ausführung, dass eine Aktion „fertig“ ist (erfolgreich – gescheitert – abgebrochen)?
- Was ist ein Format von Plänen, das sowohl Plangenerierung als auch überwachte Ausführung unterstützt?

Alle diese Fragen sind derzeit offen!

U.-Interpretation nur für Roboter?

- „Wissens“verarbeitung ist das Thema der KI von Anbeginn
 - Daher KI-Interesse an autonomen mobilen Robotern
 - „Klassische“ KI-Themen betreffen Repräsentation & Verarbeitung gegebenen Wissens, Lernen (i.S.v. Aggregieren/ Abstrahieren von Wissen)
 - Intensive Verwendung von Semantik-Ebene: Verarbeitung natürlicher geschriebener Sprache
 - Traditionelle Sensordatenverarbeitungsprobleme:
 - Bildverstehen, Szenenverstehen (Einzelbilder, Video)
 - Verstehen gesprochener Sprache
- ➔ Großer Schatz an Vorarbeiten in der KI (z.T. sehr frühe Arbeiten!)

Spezifika der U.-Interpretation auf Robotern

☹ **Dynamik, Eingebettetheit**

Roboter mobil, Umgebung dynamisch, Sensordaten verrauscht

- ↳ Echtzeitprobleme
- ↳ Anforderung: on-line-, on-board-Verarbeitung
- ↳ Information unvollständig, zeitabhängig, transient

😊 **Roboter-Autonomie (in Grenzen)**

Roboter kann beeinflussen, welche Sensordaten er bekommt & wie er sie verarbeitet

- ↳ Poseplanung, „Aufmerksamkeitssteuerung“ (welche Sensordaten aufnehmen? verarbeiten? wann? wie lange?)
- ↳ (Partielle) Interpretation von Umgebungsdaten hilft bei Interpretation/Aufnahme weiterer/neuer Daten

Bildinterpretations-Selbstversuch

Betrachten Sie kurz das folgende Bild:



**Wahrnehmung lässt Details weg
und fügt Interpretation hinzu!**

... und beantworten bitte:

- Welche Jahreszeit ist auf dem Bild?
- Welche Tageszeit?
- In welchem Land ist es aufgenommen?
- In welcher Stadt?
- Wie hoch ist die Arbeitslosigkeit in der Straße?
- Wieviele BMWs sind zu sehen?
- Wieviele Mercedes?
- Welche Farbe hat das Müllauto?
- Wie alt ist der Postbote?
- Woran erinnern Sie sich?

Themen im Rest dieses Kapitels

Verankerung

Erziele Konstanz von (manchen) Objekten, die einmal wahrgenommen und identifiziert wurden

Semantische Kartierung

Erzeuge Karten, die (auch) semantische Kategorien enthalten
&

Nutze erkannte semantische Kategorien beim Ausbau
Semantischer Karten (Rückkopplung)

8.2 Verankerung

Hintergrund: *Symbol Grounding*

S. Harnad: *The Symbol Grounding Problem* Physica D 42:335–346, 1990
cogprints.org/3106/01/sgproblem1.html

*How is symbol meaning to be grounded
in something other than just more meaningless symbols?*

Ist das eine wichtige Frage?

- Manche (KI) sagen: Nein, bestenfalls technisches Problem!
- Manche (Philosophie, Cog.Sci.) sagen: Das ist der Punkt, an dem künstliche intelligente Systeme prinzipiell scheitern!
- Manche (KI, Cog.Sci., Robotik, Hertzberg) sagen: Das ist der derzeit vermutlich spannendste und wichtigste Punkt für Grundlagenforschung in der KI!

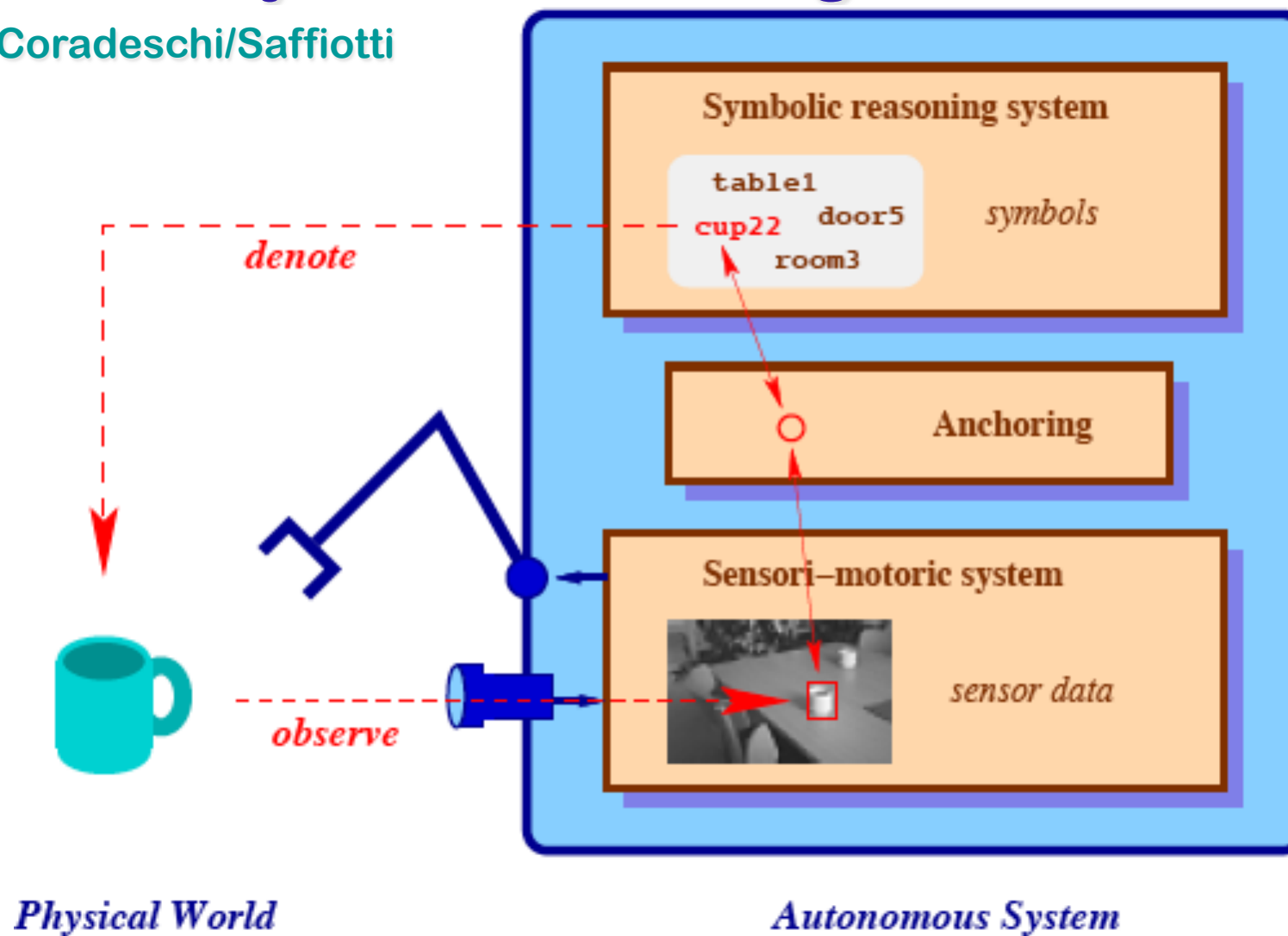
Spezialisierung: Objektverankerung

S. Coradeschi, A. Saffiotti: *An Introduction to the Anchoring Problem*
Robotics & Auton. Systems 43(2–3):85–96, 2003
www.aass.oru.se/~asaffio/Papers/ras03.html

- **Anchoring (Objektverankerung)**: *the process of creating and maintaining the correspondence between symbols and sensor data that refer to the same physical objects*
- **Anchoring problem**: *the problem of how to perform anchoring in an artificial system*
- Spezialisierung gegenüber Symbolverankerung i.A.:
Betrifft nur physische Objekte, z.B. keine Abstrakta („Wetter“), keine Eigenschaften („rot“)
- Grundannahme bzgl. Systemarchitektur: Symbolverarbeitung („Schlussfolgern“) und Sensordatenverarbeitung sind disjunkt, z.B. kein geometrisches Schließen auf Analog-Darstellung

Objektverankerung: Überblick

aus: Coradeschi/Saffiotti



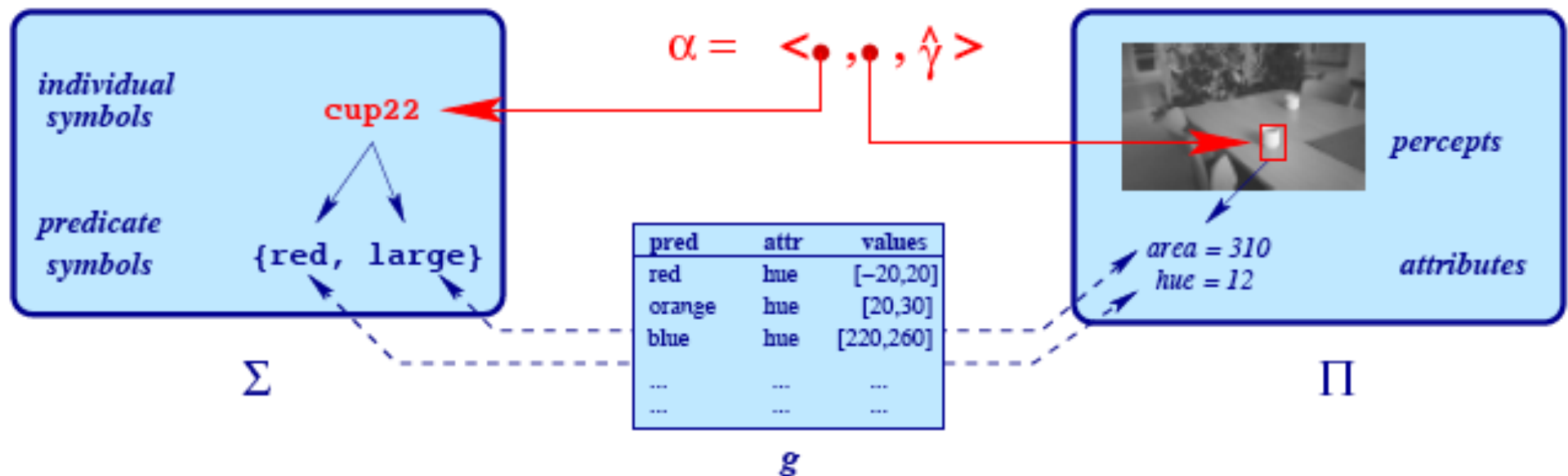
Objektverankerung: Komponenten

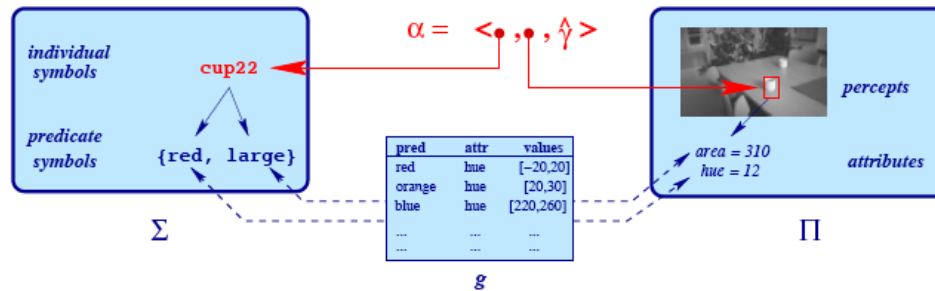
Σ : Logik-Sprache

Π : („Perceptual System“): Sensorik

g : („predicate grounding relation“): Relation zum Festlegen von Korrespondenzen zw. Prädikaten aus S und passenden Werten von Attributen, die in P beobachtbar sind

α : der (Objekt-)Anker ...





Objektverankerung: Der Anker

- Anker α : Datenstruktur: Zeiger auf Symbol (in Σ) und Sensordatum (in Π);
- die **Signatur** γ : Schätzung(!) aktueller Attributwerte für Identifizierung in Sensordaten
 - wird fortgeschrieben, wenn Objekt aus Sicht ist
 - dient dazu, es zu verfolgen und/oder wiederzufinden
 - z.B. Farbe, Position, Größe, Geschwindigkeit, ...

Objektverankerung: Funktionen

- **Find**: Installiere Anker für gegebenes(!) Symbol in Σ , der kompatibel mit g ist und aktuelles Perzept aus Π verankert (s. „Szenenverstehen“: Finde Individuum gegebenen Typs)
- **Track**: Abwechselnd mit Vorhersage der Signatur und Beobachtung verfolge das Individuum in den Perzepten
- **Reacquire**: Finde Individuum wieder, das eine Zeitlang aus der Sensorik war. (Nutze dafür aktuelle Anker-Signatur)
- „Additional functionalities will probably be needed for different types of anchoring processes, for instance, bottom-up anchoring“
- Wer sagt, für welche Individuen man Anker erzeugt, und für welche nicht?
(Ein Mensch kommt in mein Büro – verankern?
Eine Fliege fliegt in mein Büro – verankern?)
- Es muss Anker für beliebige Instanzen einer Klasse geben
(„Eine (beliebige) Tasse im Küchenschrank“)
- Es muss „Wegwerf-Anker“ geben („Die Tasse, die ich gerade benutze“)