



Weltmodellierung im RoboCup

Thomas Röfer

Technologie-Zentrum Informatik
Universität Bremen

Übersicht

- ▶ **Was ist RoboCup?**
- ▶ **Beispiel GermanTeam**
 - ▶ Architektur
 - ▶ Perzeption
 - ▶ Probabilistische Weltmodellierung
 - ▶ Qualitative Weltmodellierung
- ▶ **Planerkennung in Multiagenten-systemen (MAS)**
 - ▶ Architektur
 - ▶ Planerkennung
- ▶ **Andere Anwendungen**
 - ▶ Bremer Autonomer Rollstuhl „Rolland“
- ▶ **Ausblick**



RoboCup – Das Ziel



- By the year 2050,
develop a team of fully autonomous humanoid robots
that can win against the human world soccer champion team. -

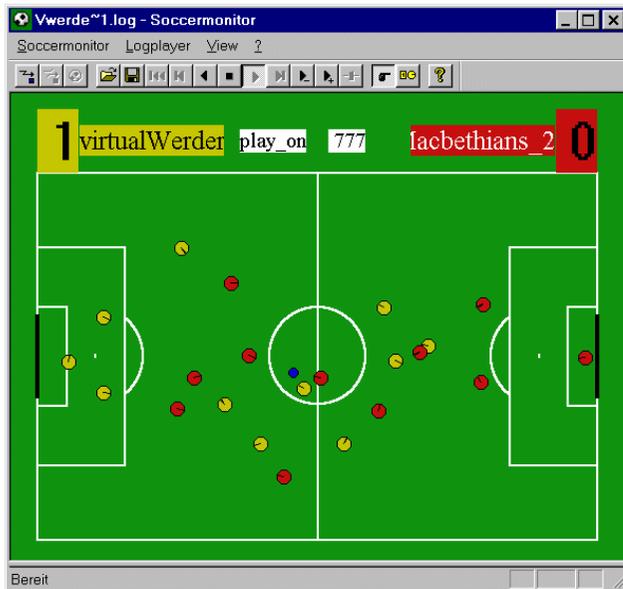


RoboCup – WM 2002 in Fukuoka



RoboCup - Unsere Teams

Simulation-League



Virtual
Werder

Small-Size-League



B-SMART

Sony-Legged-League



bremen
byters



GERMANTeam

GermanTeam

▶ Zusammenschluss von vier Universitäten

- ▶ HU Berlin, TU Darmstadt, Uni Dortmund, Uni Bremen

▶ Problemstellungen

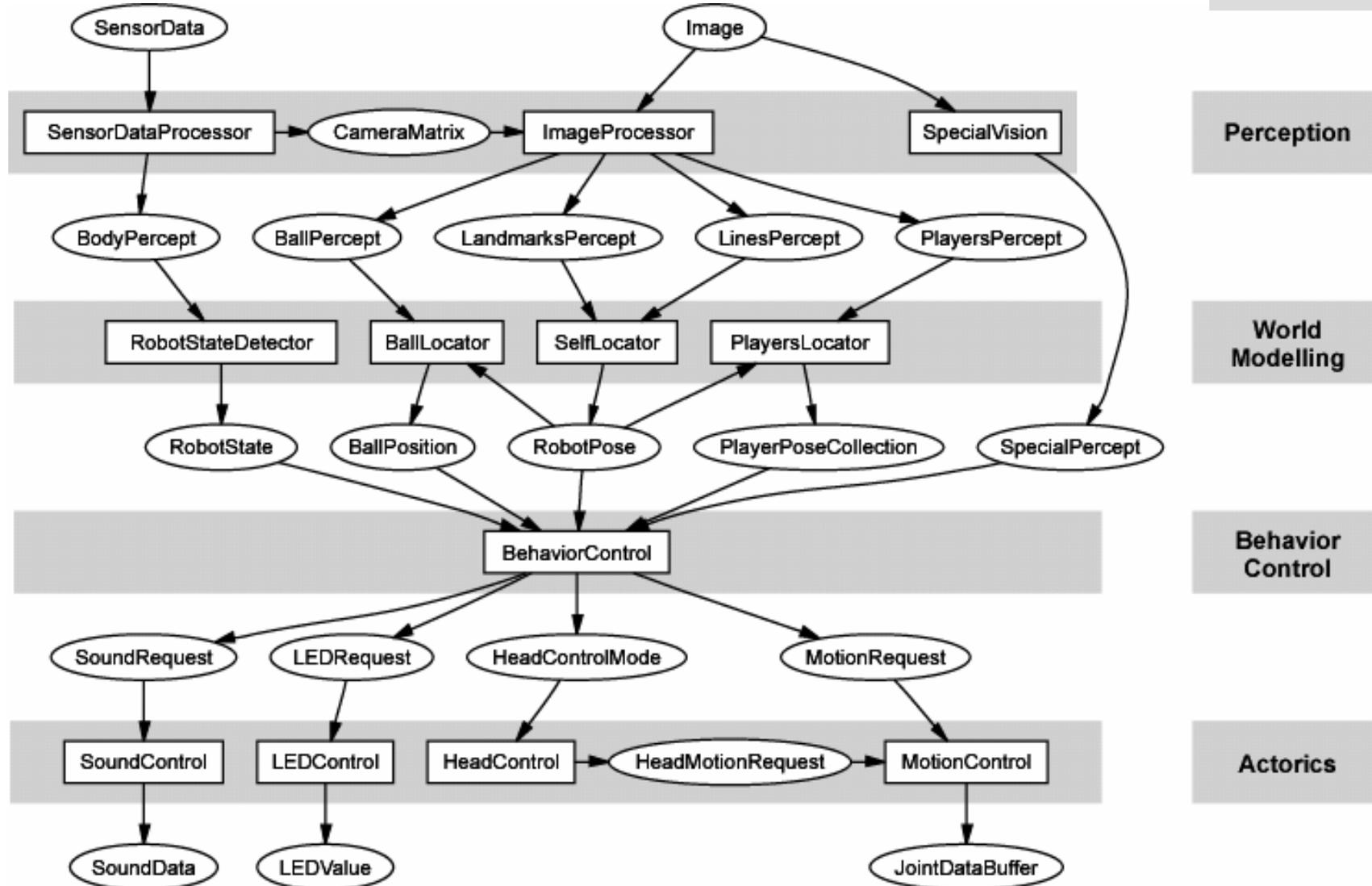
- ▶ Sony Four-Legged Robot League
- ▶ Volle Autonomie von Robotern mit begrenzter Rechenleistung
- ▶ Vision-basierte Weltmodellierung

▶ Erreichte Ziele in 2002

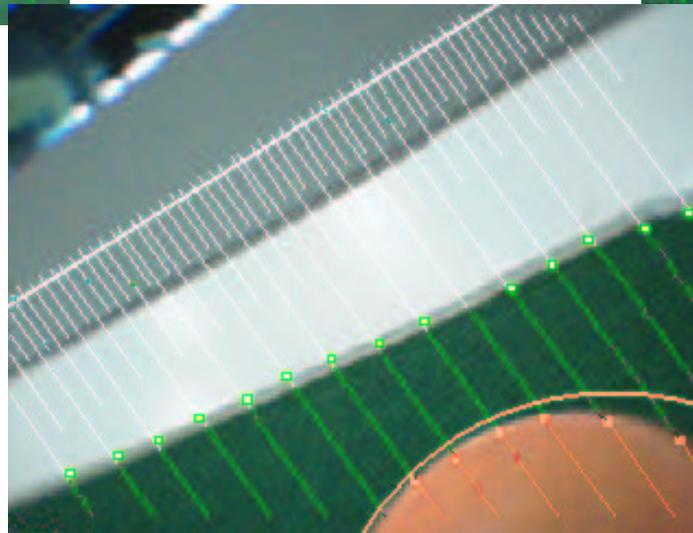
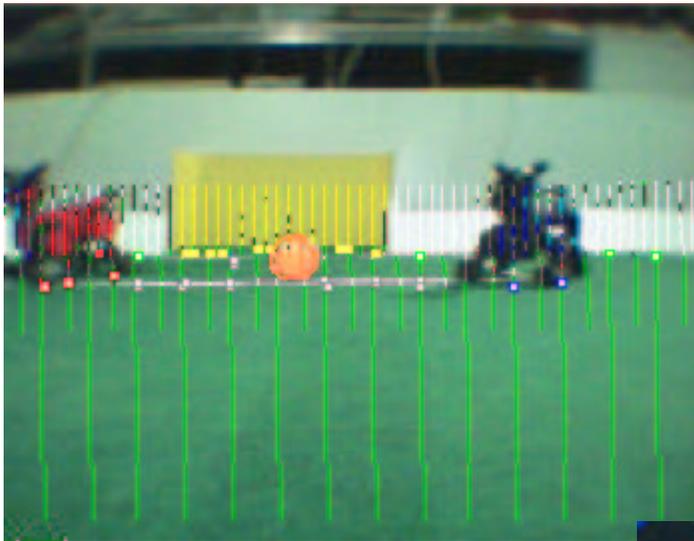
- ▶ Konkurrenzfähiges Team
- ▶ Tragfähige Architektur
- ▶ Mächtige Tools, z.B. 3D-Simulator



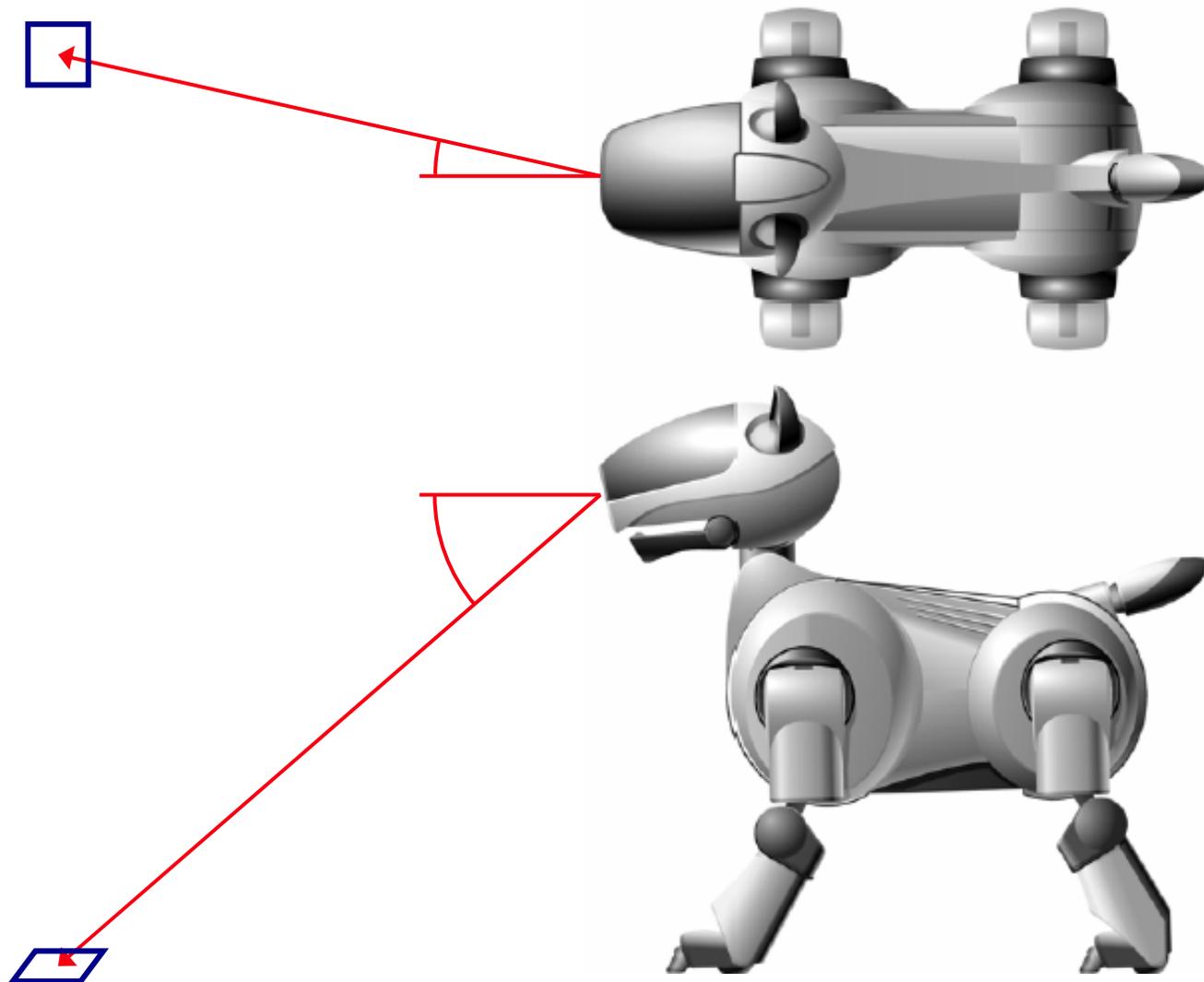
Architektur (Betriebssystem)



Perzeption – Bildverarbeitung

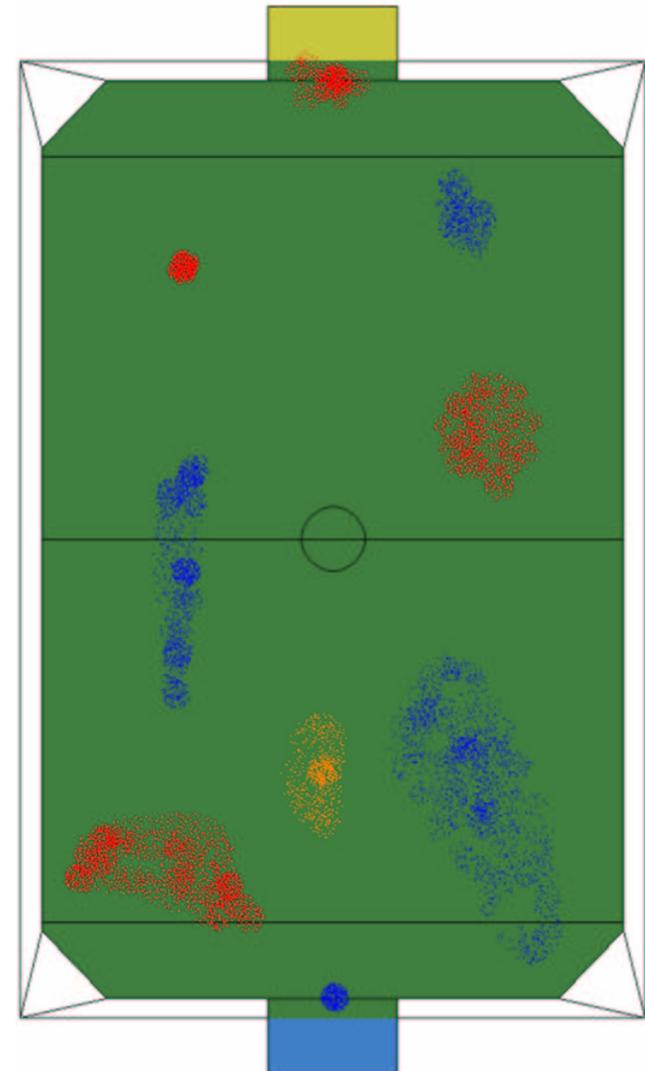


Perzeption – Entfernungen

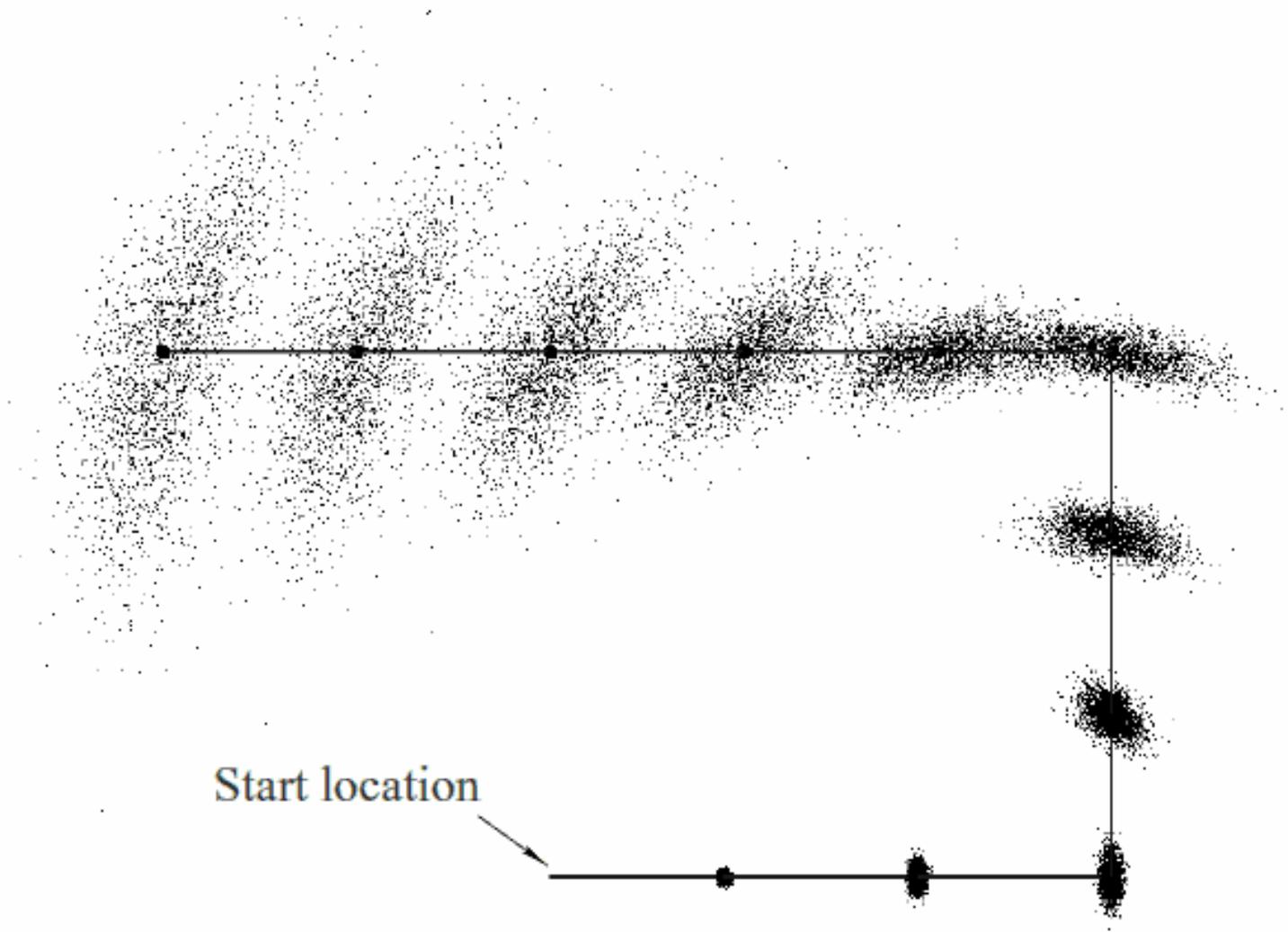


Probabilistische Modellierung

- ▶ **Modellierung der**
 - ▶ eigenen Position
 - ▶ Ballposition
 - ▶ Mitspielerpositionen
 - ▶ Gegnerpositionen
- ▶ **Hierarchie**
 - ▶ Lokales Weltmodell
 - ▶ Gemeinsames Weltmodell
- ▶ **Kommunikation als integraler Bestandteil**

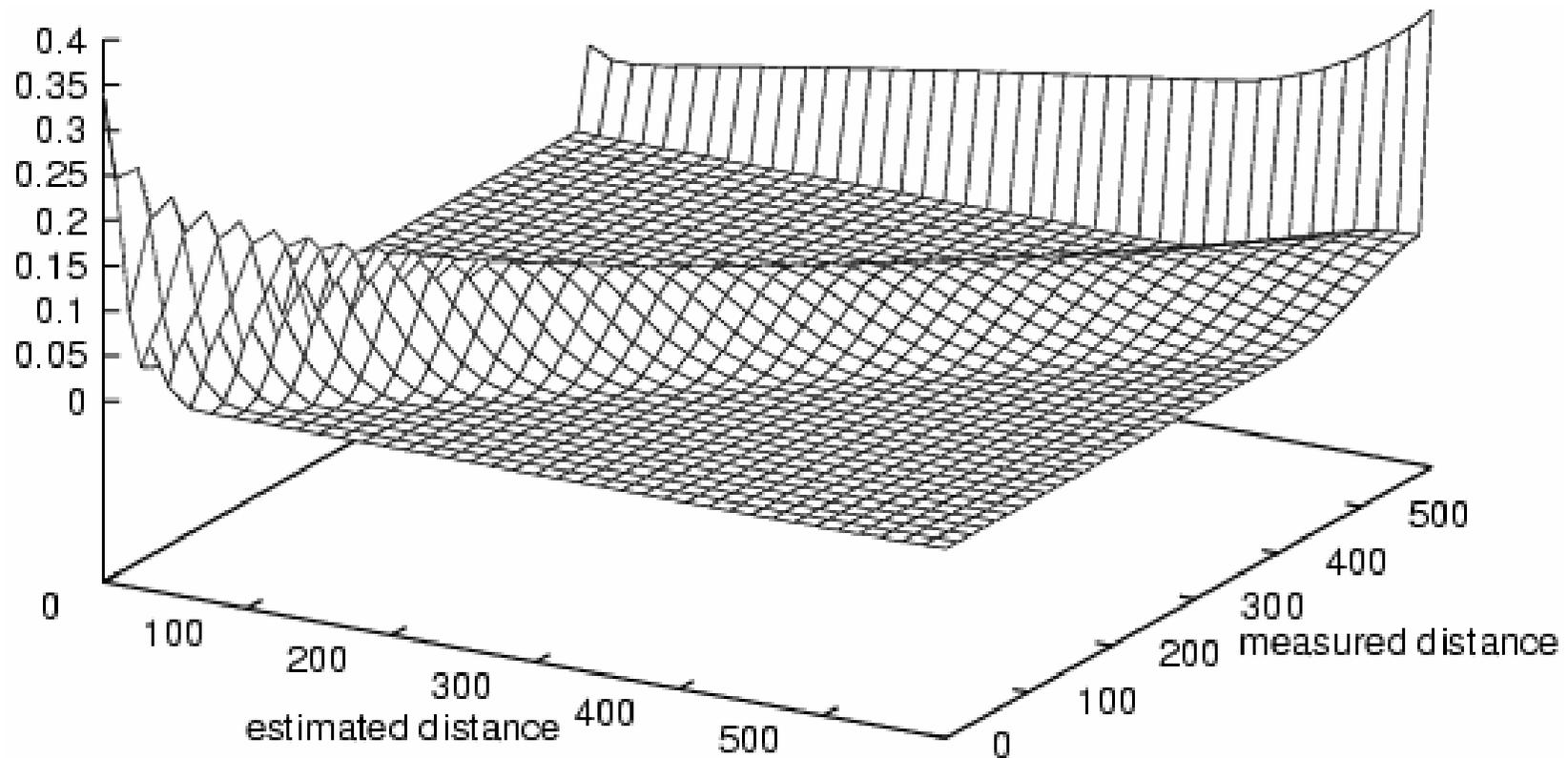


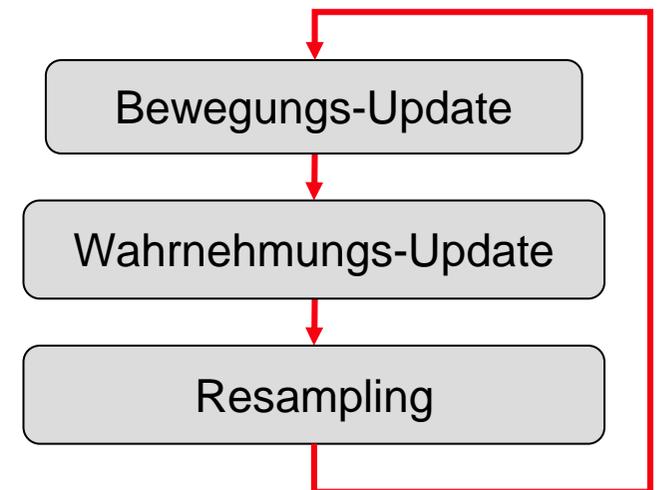
Bewegungsunsicherheit



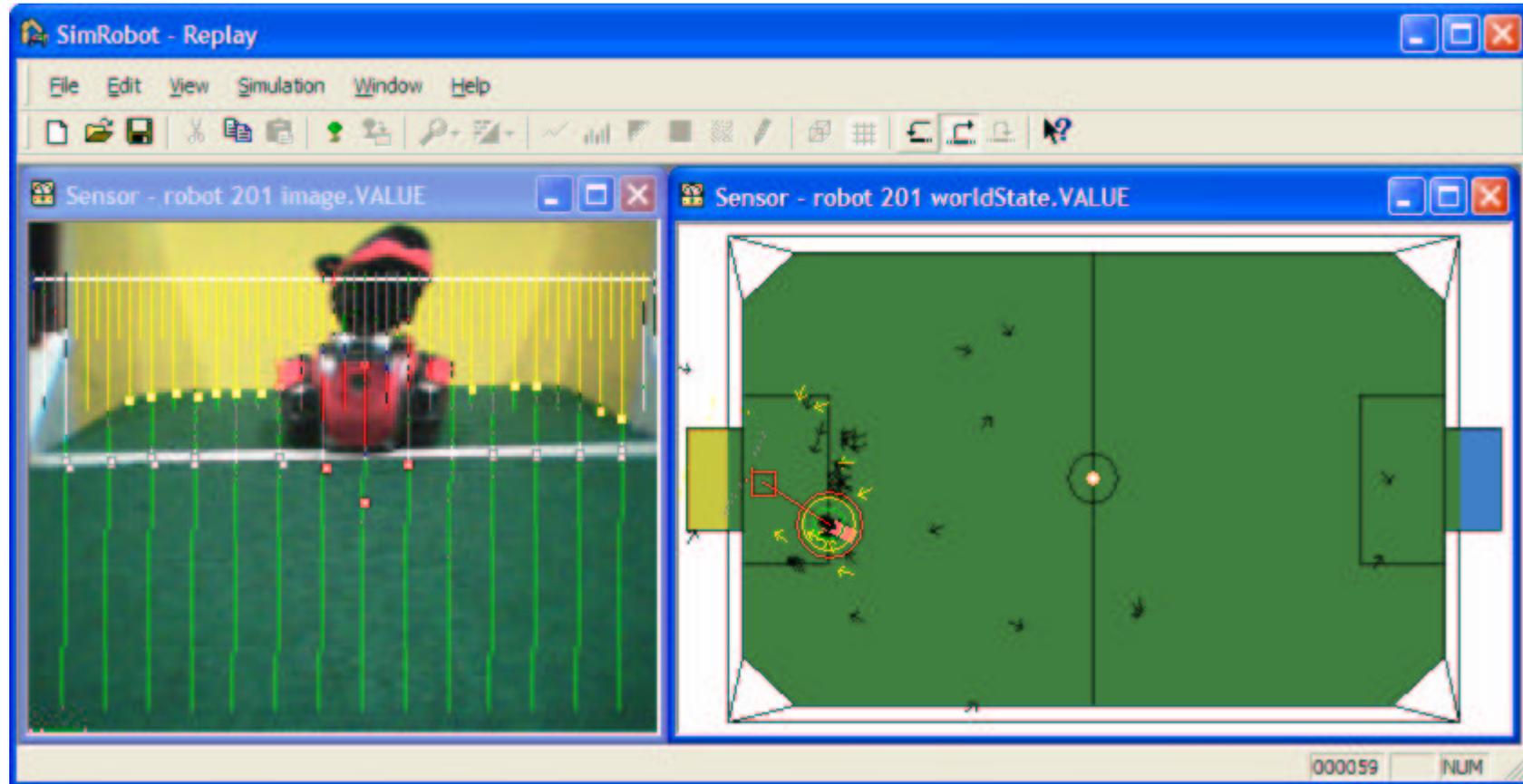
Start location

Wahrnehmungsungenauigkeit





3D-Samples



Selbstlokalisierung mit Marken

- ▶ **Monte-Carlo Lokalisation**
 - ▶ Wenige Samples (d.h. schnell)
 - ▶ Robust gegenüber Sensorrauschen

- ▶ **Anwendung in 2002**
 - ▶ Automatische Positionierung
 - ▶ Volle Unterstützung der Schiedsrichterkommandos



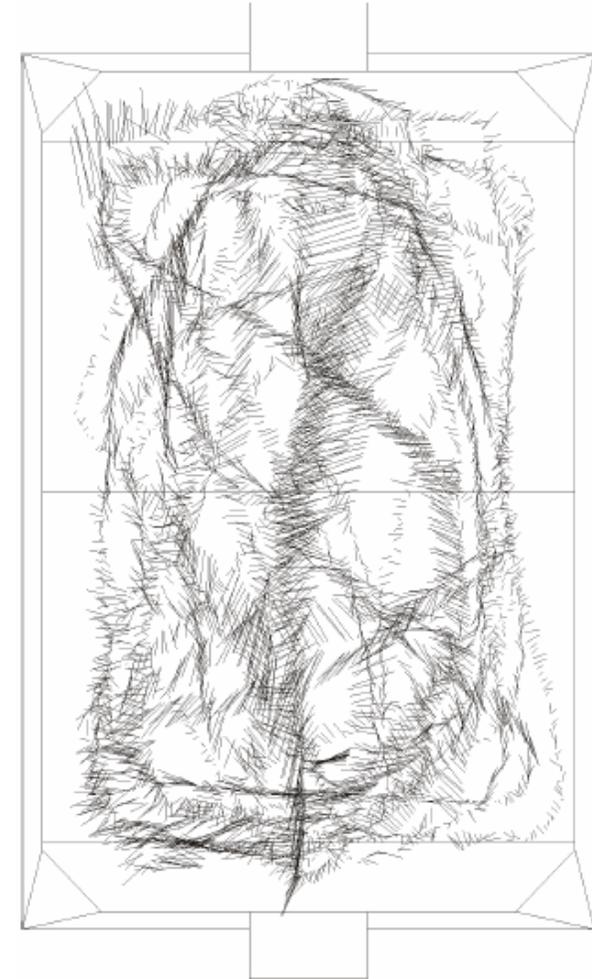
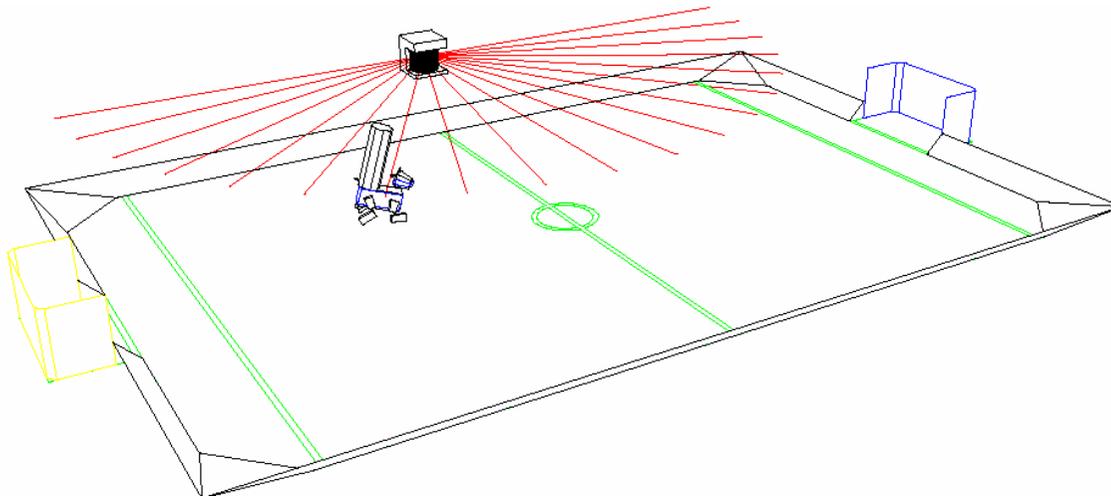
Lokalisierung ohne Marken

▶ Experiment 1

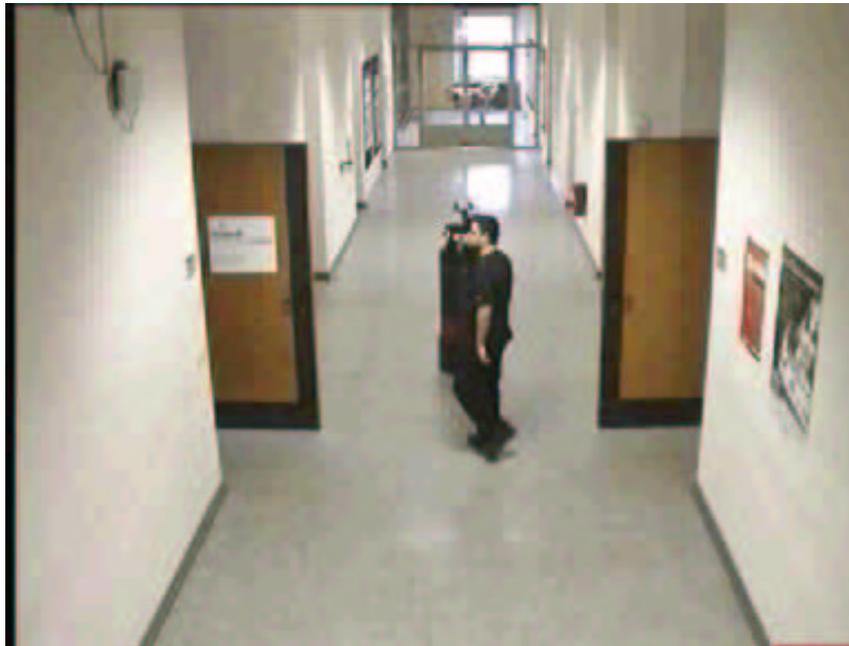
- ▶ Roboter ständig in Bewegung
- ▶ Mittlerer Fehler < 10.5 cm
(bei Feldgröße 5×3 m²)

▶ Experiment 2

- ▶ Roboter steuert zufällige Positionen an
- ▶ Mittlerer Fehler < 8.5 cm

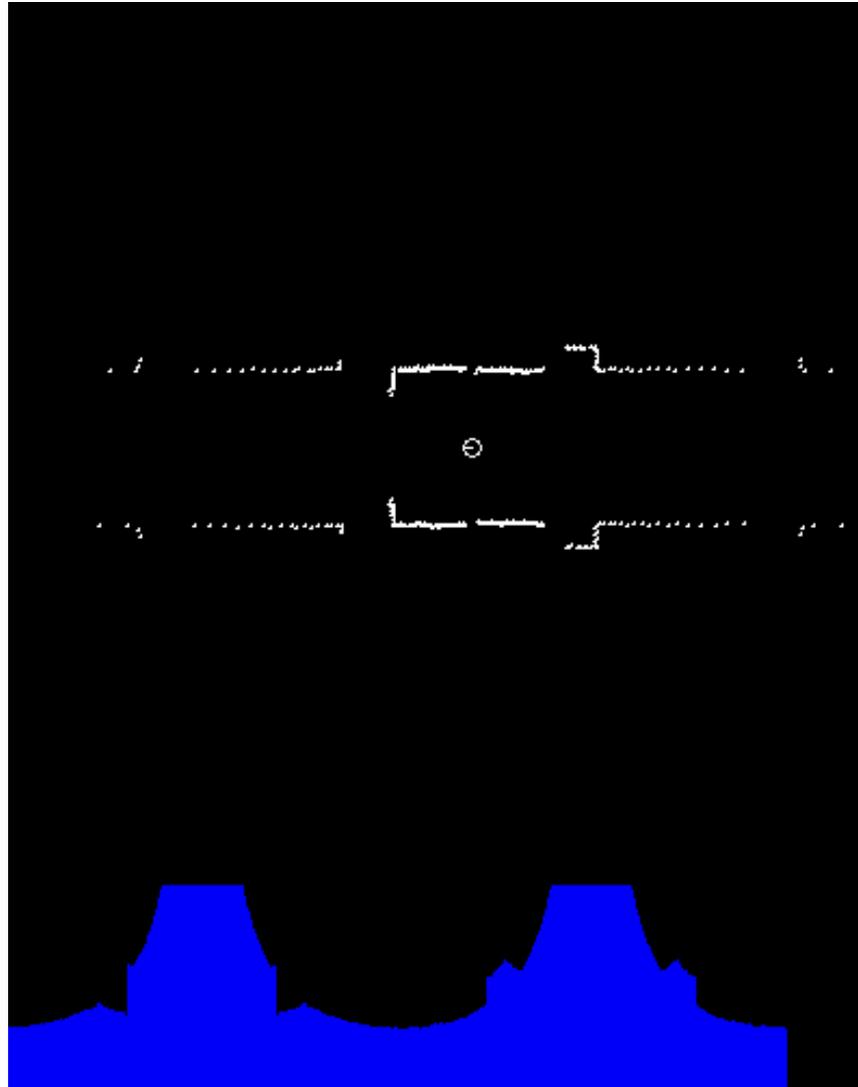


Gegner-/Ballmodellierung



Burgard et al.

Gegner-/Ballmodellierung

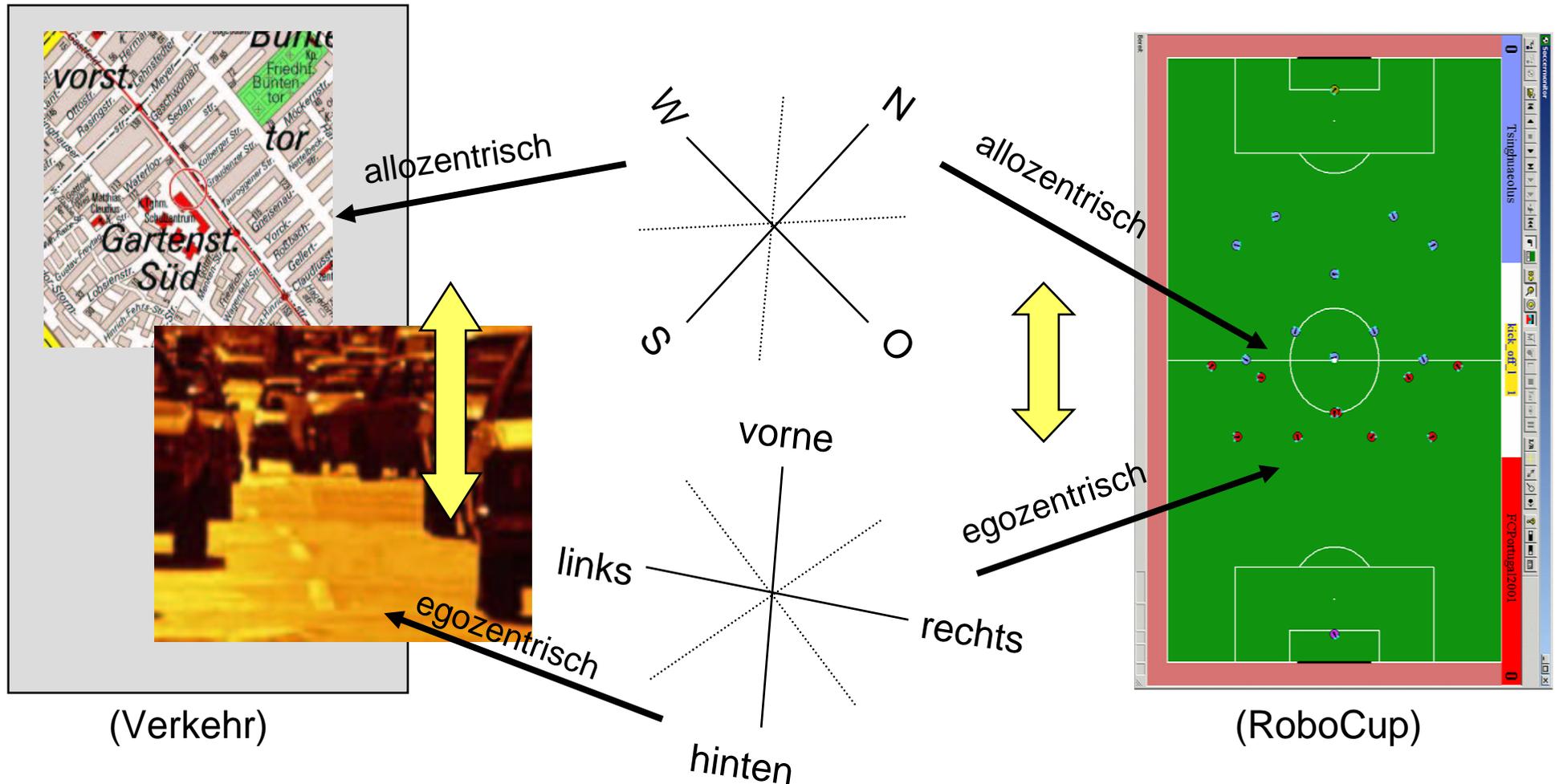




Qualitatives Weltmodell – Motivation

- ▶ **Gleiches Agenten- und Verhaltensmodell für verschiedene RoboCup-Ligen (verschiedene Hardware-Architekturen)**
- ▶ **Flexible Modellierungsmethoden: allozentrisch, egozentrisch relativ, absolut (Team- vs. Gruppen- vs. Individualverhalten)**
- ▶ **Effiziente Abbildung zwischen verschiedenen Sichten**
- ▶ **Effiziente, inkrementelle Aktualisierung in hochdynamischen Situationen**

Panorama



(Verkehr)

(RoboCup)

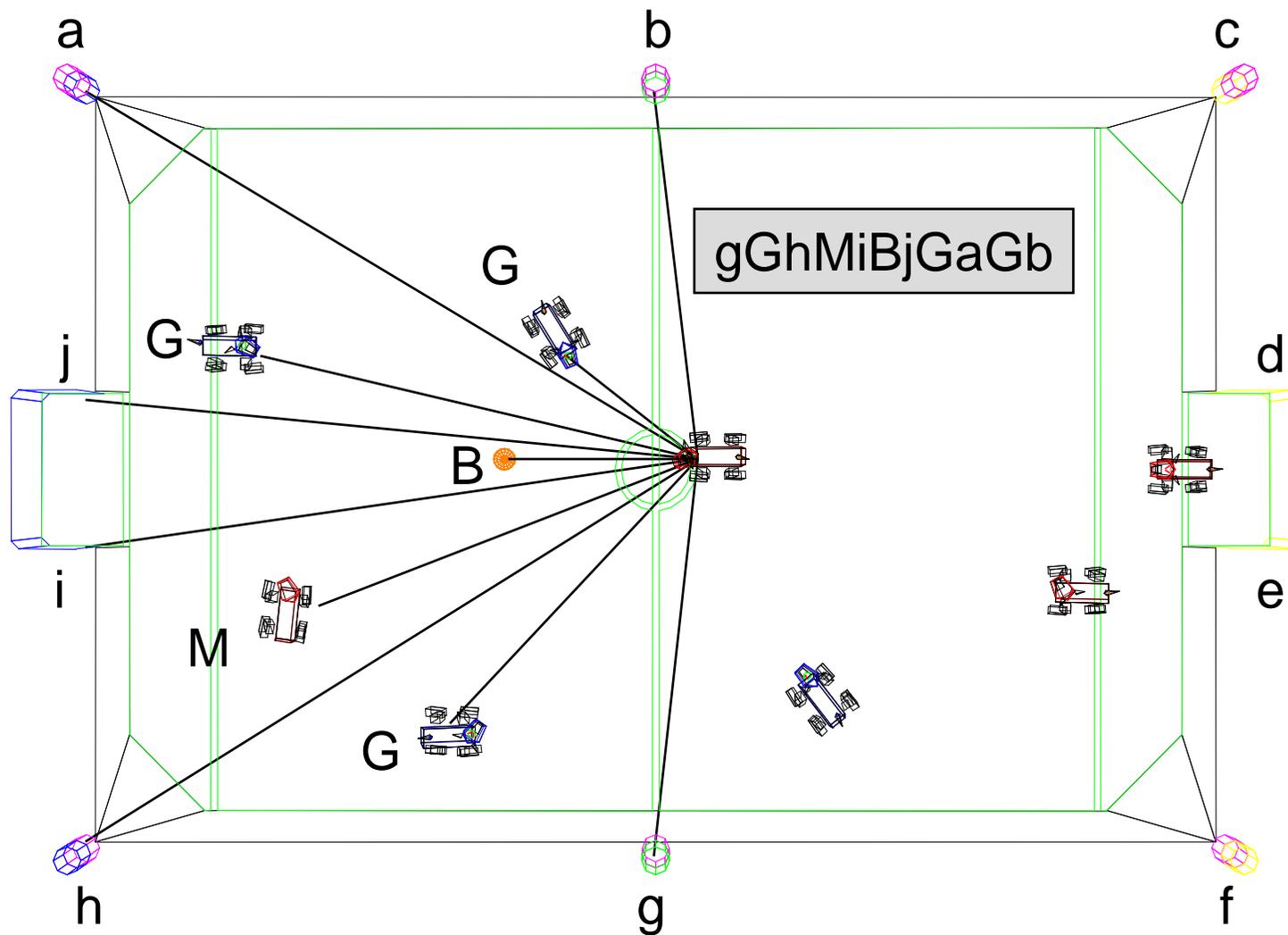
Erweitertes Panorama

▶ **Panorama**

- ▶ Qualitative räumliche Repräsentation basierend auf einfachen Ordnungen

▶ **Erweitertes Panorama**

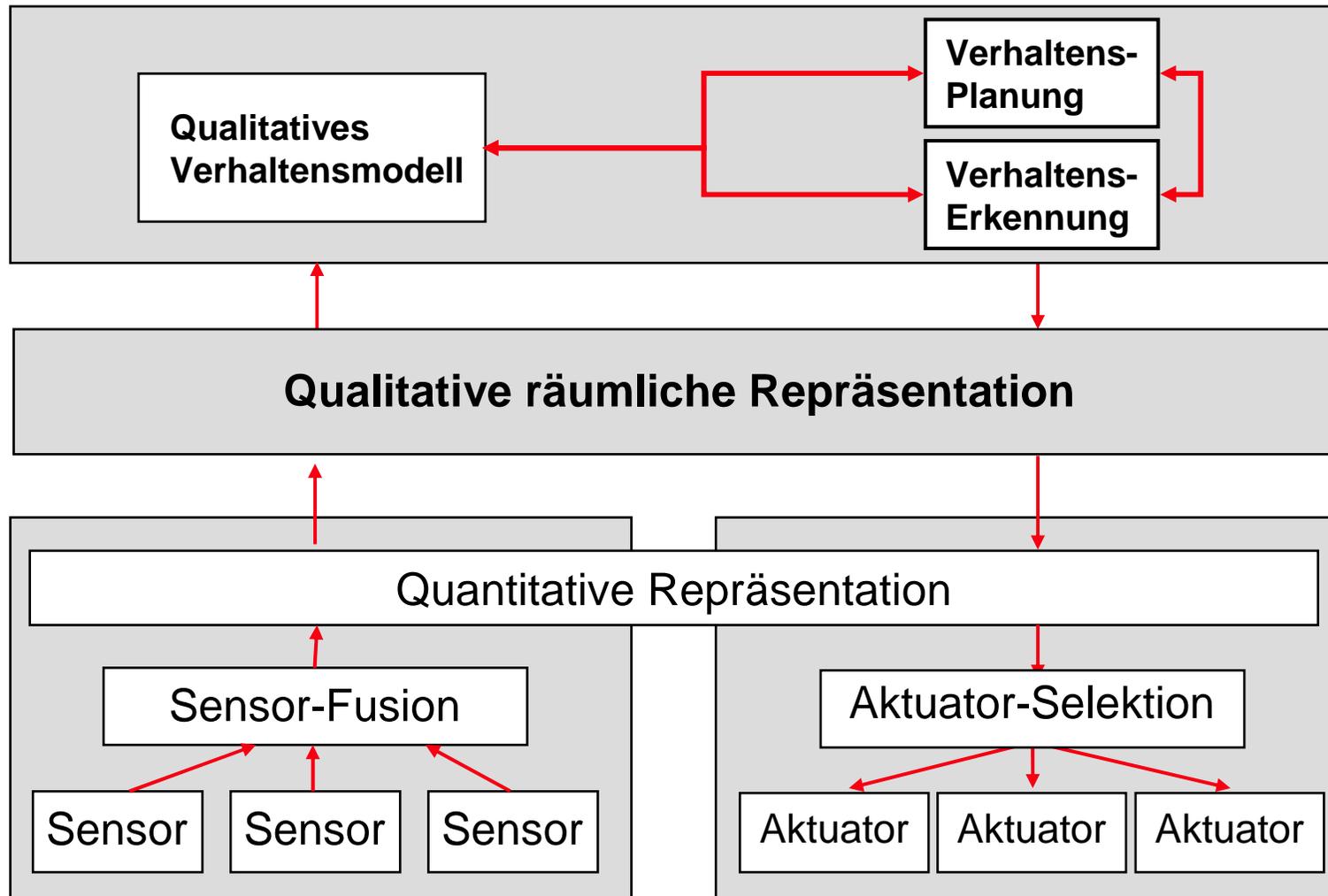
- ▶ Ordnungsinformationen erweitert um *metrische* Informationen auf differenzierten Granularitätsstufen



MAS-Planerkennung

- ▶ **Analyse und Synthese von Plänen in dynamischen, kooperativen und konkurrierenden Umgebungen (offline und online)**
- ▶ **Interoperabilität: Konzept geeignet für alle RoboCup-Ligen und weitere Anwendungsfelder, z.B. Rollstuhl „Rolland“**
- ▶ **Weltmodellbestimmung in Problemfeldern, z.B. Sony-League (begrenzte Wahrnehmung) oder Rollstuhl „Rolland“ (komplexere Umwelt)**

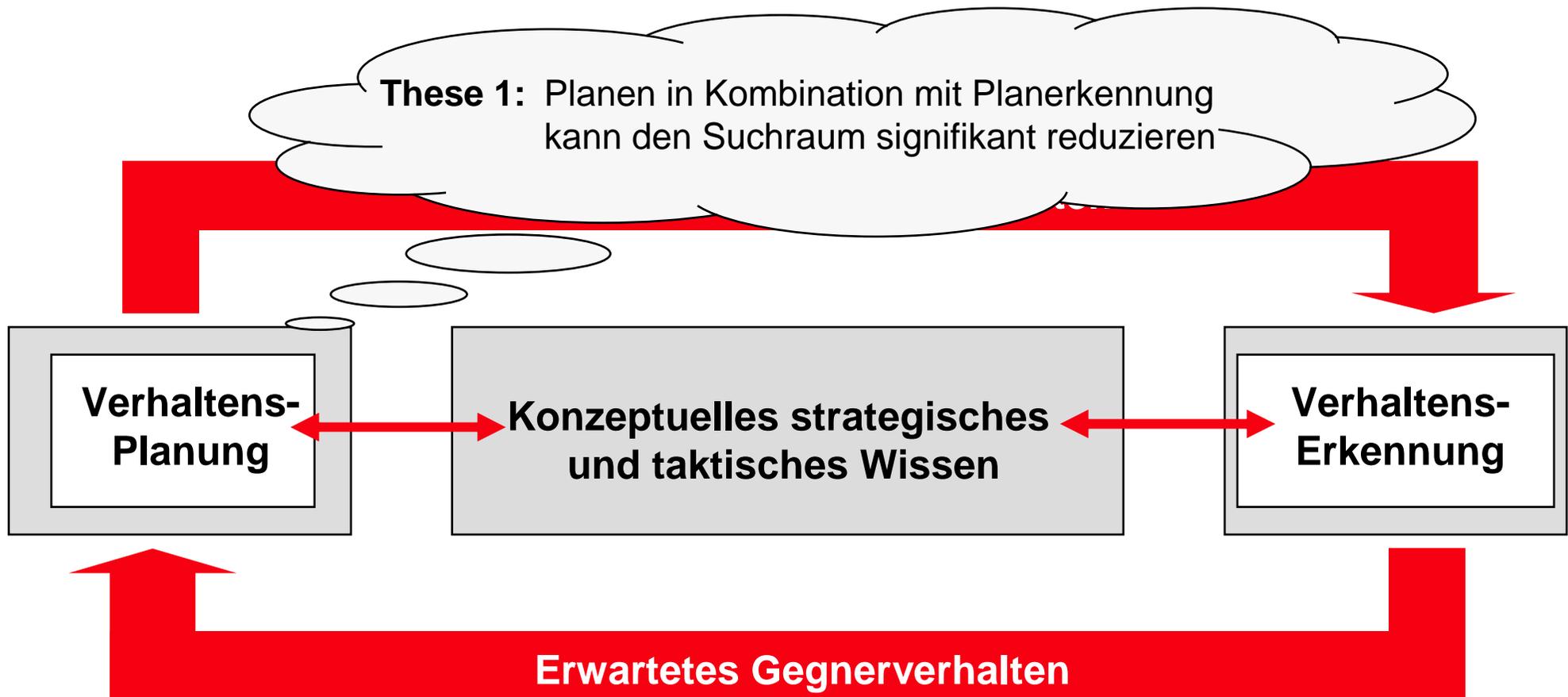
Konzeptionelle Architektur



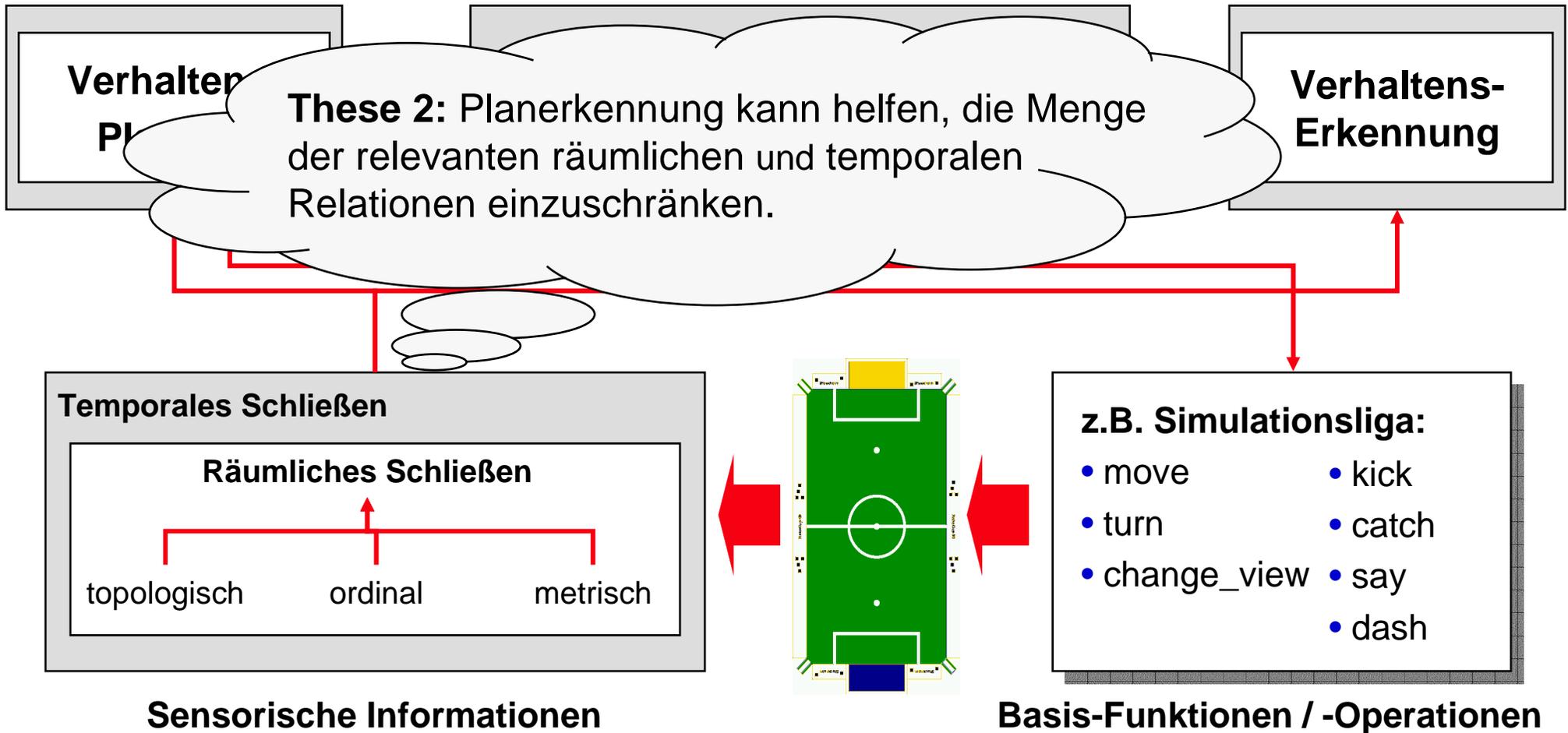
Framework zur MAS-Planerkennung



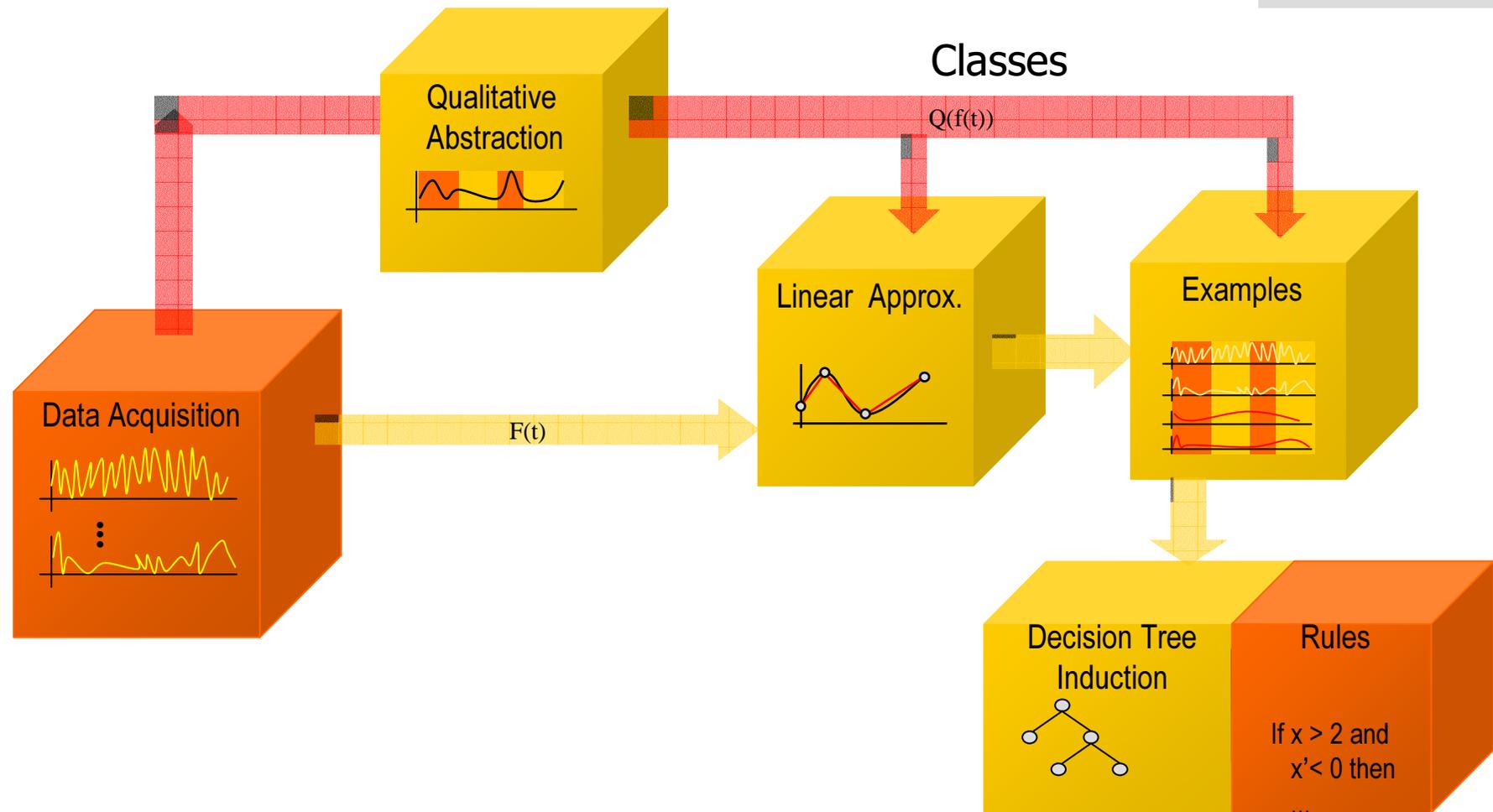
Framework zur MAS-Planerkennung



Framework zur MAS-Planerkennung

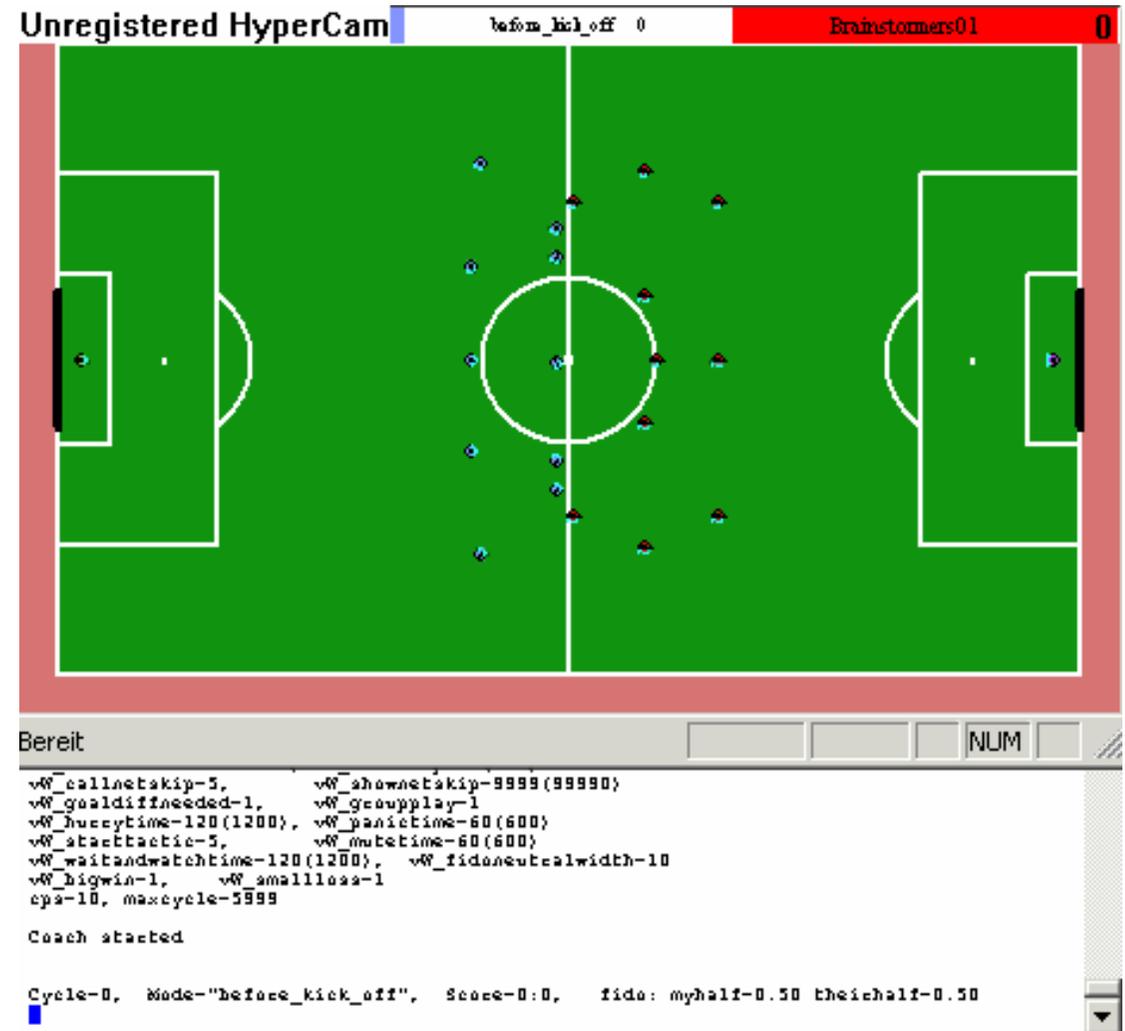


Planerkennung: Zeitreihenbasiertes Entscheidungsbaumlernen



Beispiel: Online Lernen

- ▶ Robolog vs. Brainstormers
- ▶ Analysieren des Robolog Torhüters



Regeln nach 1.000 Zyklen

```
if series 0 < 14.551129
and series 1 < 0.021304
and series 2 < 8.216856
then 0(1) 1(0) 2(0)

if series 0 < 14.551129
and series 1 < 0.021304
and series 2 > 8.216856
then 2(0.512519) 0(0.296296) 1(0.185185)

if series 0 < 14.551129
and series 1 > 0.021304
then 1(0.5) 2(0.115427) 1(0.0410655)

if series 0 > 14.551129
then 0(0.843507) 2(0.115427) 0(0.0410655)
```

- ▶ **Bleibt im Tor, wenn sich der Ball nicht bewegt und weniger als 8.2m von der Torlinie entfernt ist**
- ▶ **Wenn der Ball weiter als 8.2m vom Tor entfernt ist, geht er zurück zum Tor (51%) oder bleibt, wo er ist (29%)**
- ▶ **50% Chance, dass er zum rollenden Ball geht, der weniger als 14.5m vom Tor entfernt ist**
- ▶ **Torhüter reagiert, wenn der Ball weniger als 14.5m vom Tor entfernt ist (~85%)**

Series 0: Distance ball-keeper
Series 1: Speed of the ball
Series 2: Distance ball-goal

Autonomer Rollstuhl „Rolland“

- ▶ Analyse von Objekt- bzw. Personenbewegung (Taktiken und Strategien) zur sicheren Bewegung unter Menschen
- ▶ Relatives, lokales Weltmodell und Kartenaufbau für weitere Anwendungen der autonomen Navigation
- ▶ Einbindung von weiterer Sensorik (Omnivision) und entsprechender Verarbeitung



Ausblick

▶ **Weltmodellierung**

- ▶ Robuste Modellierung von Ball- und Spielerpositionen
- ▶ Unterscheidung zwischen eigenen und kommunizierten Wahrnehmungen

▶ **Wissensbasierte Grundlagen**

- ▶ Qualitative Repräsentation von Verhaltensmodellen auf Basis (realer Fußball-) Taktiken und Strategien
- ▶ Qualitative Repräsentation von räumlichem Wissen
 - ▶ *Komplexe räumliche Propositionen auf Basis eines „erweiterten Panoramas“*
 - ▶ *Qualitativ-räumliches Schließen zum vervollständigen unvollständigen Wissens*

▶ **Planerkennung kooperativer und konkurrierender Agenten**

- ▶ Planerkennung von Gruppen- und Individualverhalten
- ▶ Intentionserkennung von Mannschaftsverhalten (Strategien)