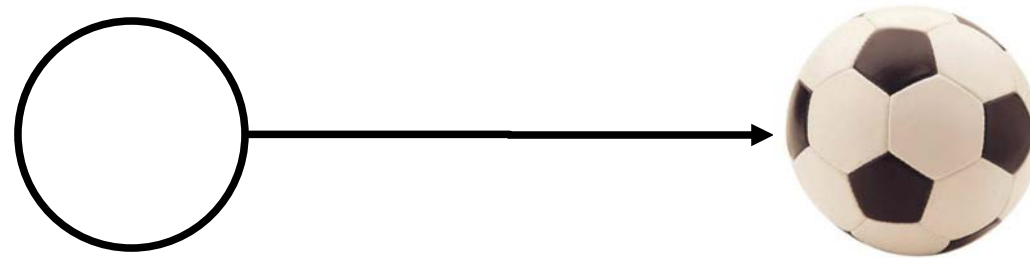


Zustandsautomaten und Roboterfußball

Prof. Dr. Frieder Stolzenburg
M.Sc. Florian Ruh
Hochschule Harz
38855 Wernigerode



HOCHSCHULE
harz

RoboCup German Open
Fachvorträge im RoboCup-Track
Forum Mobile Roboter & Autonome Systeme
DFG-SPP 1125 RoboCup / 24.4.2008



Agenda

- Motivation: Multiagenten-Systeme
- Roboterfußball an der Hochschule Harz
- Ausführbare Spezifikationen
- Verifikation von Multiagenten-Systemen

Projekt im DFG-SPP 1125 RoboCup



Multiagenten-Systeme

- Agent = Software, welche die Umwelt mittels Sensoren „wahrnimmt“ und darauf reagiert
- Verhalten ist
 - autonom (eigenständig, nicht zentral gesteuert)
 - rational („richtig“ → Bewertung der Situation)
- Multiagenten-Systeme
 - mehrere Agenten
 - kommunizieren miteinander
 - verfolgen gemeinsames Ziel
 - Beispiel: Roboterfußball
 - Problem: Implementierung von Kooperation



Motivation

- Multi-Roboter- und Multiagenten-Systeme sind eine komplexe Domäne.
- Anwendungen in Haushalts- und Service-Robotik, Katastrophenszenarien, vgl. RoboCup.
- Aus Sicht der Informatik sind ein klarer Systementwurf und Verhaltensspezifikation nötig.
- Koordination und Synchronisation müssen ausdrückbar sein.
- Zustandsautomaten erlauben standardisierte Darstellungsweise der Softwaretechnik.



Zustandsautomaten

- Zustandsautomaten erlauben Abstraktion auf mehreren Hierarchieebenen.
- Multiagenten-Aspekte können direkt durch Nebenläufigkeit dargestellt werden.
- Graphischer Formalismus ist leicht und intuitiv zu verstehen.
- Gleichzeitig gibt es eine formale Semantik, die den Einsatz formaler Methoden erlaubt.
- Im DFG-SPP-Projekt Uni Koblenz/Hochschule Harz erfolgt Kombination mit hybriden Automaten für kontinuierliche Prozesse.



RoboCup

Vision:

Im Jahre 2050 sollen intelligente Roboter die menschlichen Weltmeister im Fußball besiegen.



Foto: F. Schmidberger



RoboCup als Fallstudie

- Internationales Gemeinschaftsprojekt
- vielseitige Forschungsgebiete, darunter
 - Robotik (Ingenieurwissenschaften)
 - Künstliche Intelligenz (Informatik)
- verschiedene Ligen und Meisterschaften
- Hochschule Harz: *Harzer Rollers*
 - vierbeinige Aibo-Roboter = Standardplattform
 - nutzt den GermanTeam-Code 2005 als Basis
 - spezialisiert auf Spielverhalten im Team
 - Studentische Arbeiten in Diplom- und Masterstudiengängen und DFG-Projekt



RoboCup German Open



Hierarchische Hybride Automaten (HHA)

- beschreiben interne Vorgänge eines Systems
- Automaten bestehen u. a. aus
 - Zuständen
 - Übergängen zwischen Zuständen
- Hybride Automaten vereinen
 - Moore-Automaten (Aktionen nur in Zuständen)
 - Mealy-Automaten (Aktionen nur in Transitionen)
- zeitliche Synchronisation über spezielle Ressourcen („Synchronisationspunkte“)
- Zustände hierarchisch gegliedert
- Wissensbasierter Ansatz



Zustandsautomaten im RoboCup

- Simulationsliga 2D:
RoboLog Koblenz
(ab 2000)
- MidSize:
SocRob
(Portugal)
- Humanoid:
AkDong
(Manitoba, Kanada)
- Vierbeiner:
GermanTeam (XABSL)
Harzer Rollers (HAL)



Eingabesprache HAL

- *Hybrid Automaton Language*

- *entwickelt an der Hochschule Harz*

- *Zweck/Eigenschaften*

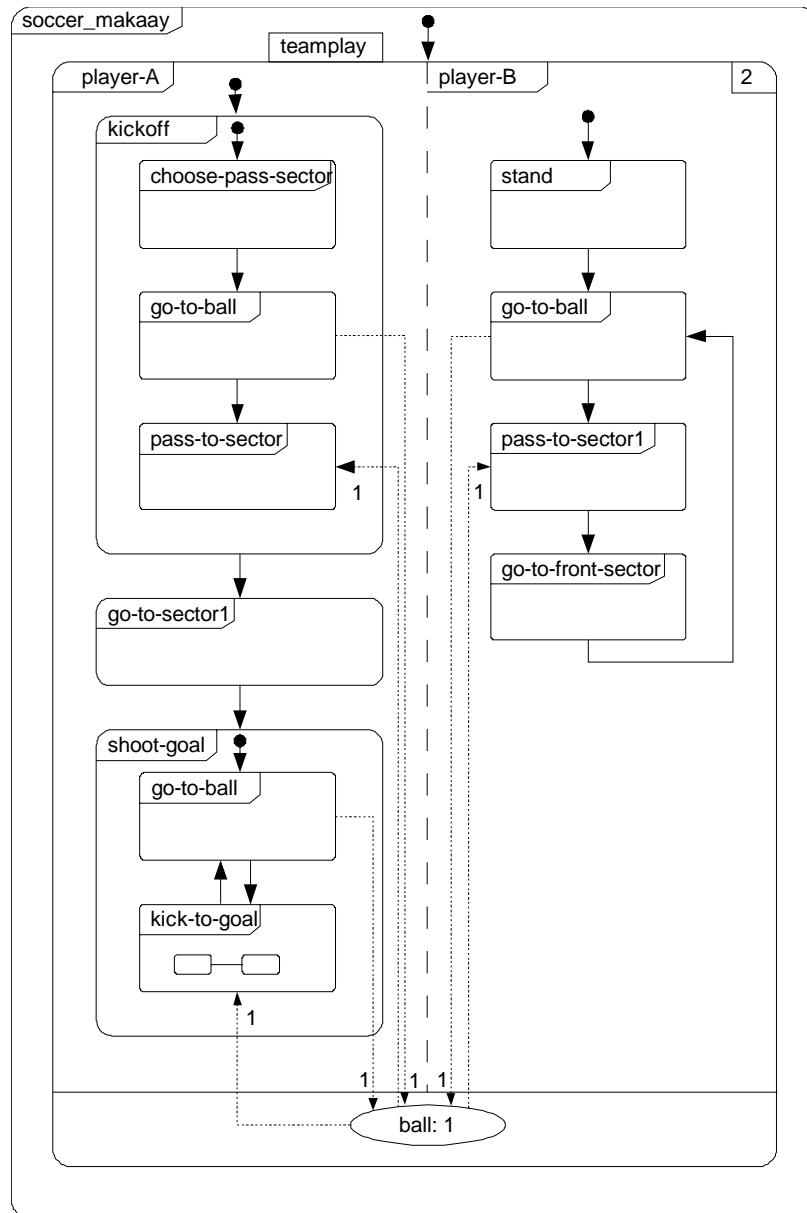
- *hybride Automaten beschreiben*
- *einfaches Bearbeiten durch ASCII-Text*
- *ähnelt bekannten Programmiersprachen*

- *diskrete und stetige Systemschritte*

```
composite bouncing_ball {  
    const G:=10; % gravity  
    var x := 2;  
    var v := 0;  
    start(ball);  
    simple ball {  
        flow :=  
            x~ == v,  
            v~ == -G;  
        invariant :=  
            x>=0,  
            x<=10,  
            v<=10,  
            v>=-10;  
        trans := (ball,  
            x == 0,  
            v~ == -v * 0.5 &  
            x~ == x  
        );  
    }  
}
```



Beispiel: *Makaay-Move*

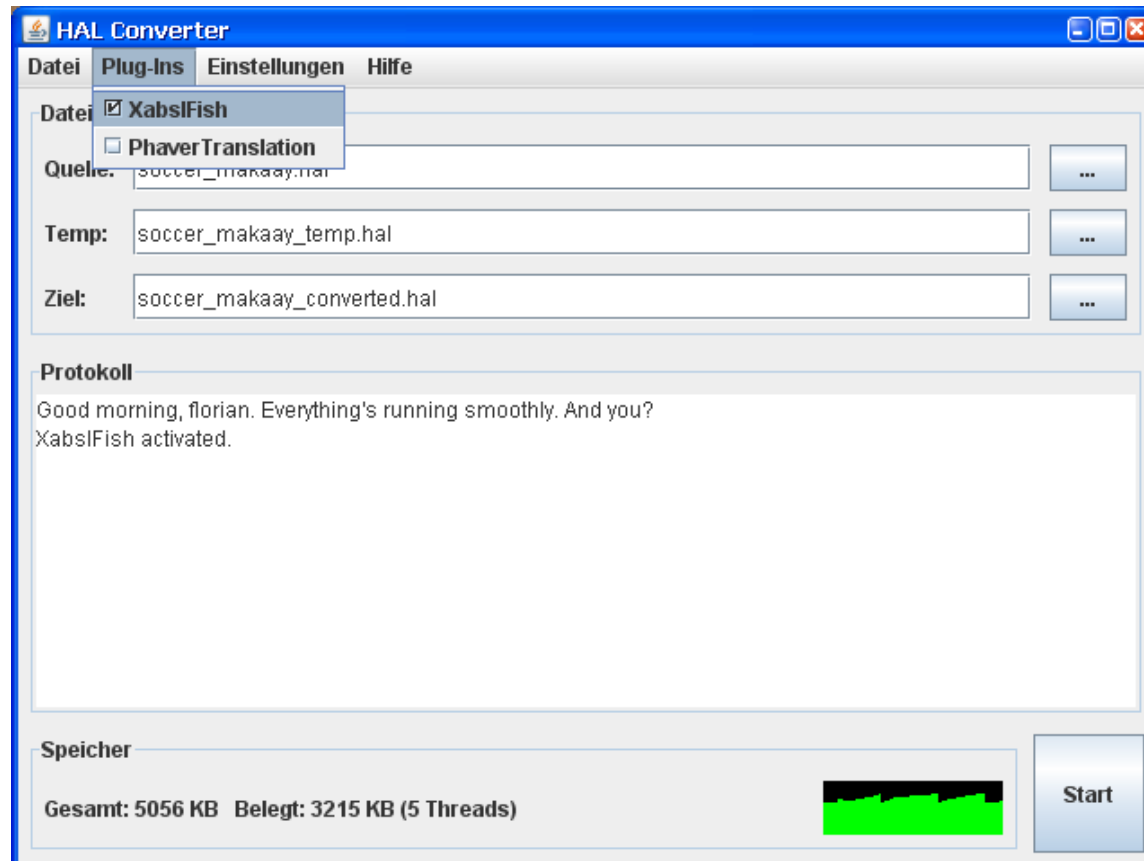


- komplexeres Beispiel
- angelehnt an reale Fußballsituation
- simuliert Doppelpass mit Torabschluss
- 3 Spieler
- Synchronisation: Ball



HAL Converter

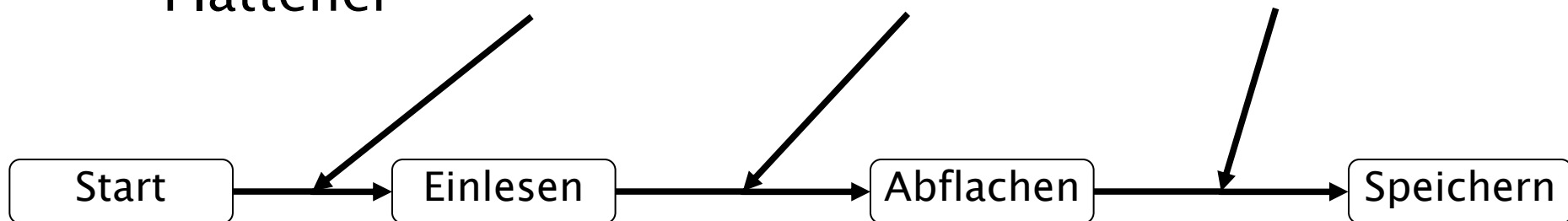
- HAL Converter: Basisanwendung für Übersetzer
- Java-Software für hybride Automaten
- Konvertierung in „flache“ Automaten



Plug-In-Struktur

- Plug-Ins

- optionale Zusatzfunktionen
- drei Arten: Pre-Processor, Pre-Flattener, Post-Flattener



- Vorteile
 - leicht erweiterbar
 - modularer Aufbau



Anwendungsmöglichkeiten

- Automatische Erzeugung ausführbarer Spezifikationen:
- XabslFish – erzeugt Code für Aibos

- Verifikation von Multiagenten-Systemen:
- Analyse von Verhalten durch verfügbare Model Checker für hybride Automaten (HyTech, PHAVer etc.)
- Problem: Lösen von (Differential)Gleichungen nicht effizient genug

- Laufende Arbeit: Einsatz von Constraint Logic Programmierung im Vergleich mit Mixed Integer Programming
- Vorteil: effiziente Optimierungsmethoden eingebaut



Verifikation von Multiagenten-Systemen

- Geht höchstens ein Agent zum Ball?
... aus Entwurf mit Synchronisation ablesbar
- Geht mindestens ein Agent zum Ball?
... muss analysiert werden (Model Checking)
- Was ist der kürzeste Weg zum Tor?
... erfordert Optimierer
- Problem: Komplexität nicht-linearer Probleme



Zusammenfassung

- HHAs als formale Entwurfsmethode für Multiagenten-Systeme
- Ausführbare Spezifikationen mit *Xabs/Fish*
- Analyse und Verifikation von Eigenschaften
- Anwendungen im Roboterfußball
- Grundlagen für Programmierung autonomer mobiler Systeme



Referenzen

- Frank Dylla, Alexander Ferrein, Gerhard Lakemeyer, Jan Murray, Oliver Obst, Thomas Röfer, Stefan Schiffer, Frieder Stolzenburg, Ubbo Visser, and Thomas Wagner. **Approaching a formal soccer theory from behaviour specifications in robotic soccer.** In Peter Dabnichcki and Arnold Baca, editors, *Computers in Sport*, chapter 6, pages 161–185. WIT Press, London, 2008.
- Ulrich Furbach, Jan Murray, Falk Schmiddsberger, and Frieder Stolzenburg. **Hybrid multiagent systems with timed synchronization – specification and model checking.** In Mehdi Dastani, Amal El Fallah Seghrouchni, Alessandro Ricci, and Michael Winikoff, editors, *Post-Proceedings of 5th International Workshop on Programming Multi-Agent Systems held with 6th International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems*, LNAI 4908, pages 205–220. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008.
- Christian Reinl, Florian Ruh, Frieder Stolzenburg, and Oskar von Stryk. **Multi-robot systems optimization and analysis using MILP and CLP.** In Pedro U. Lima, Nikos Vlassis, Matthijs Spaan, and Francisco S. Melo, editors, *Workshop on Formal Models and Methods for Multi-Robot Systems held with 7th International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems*, 2008.
- Florian Ruh. **A translator for cooperative strategies of mobile agents for four-legged robots.** Masterarbeit, Fachbereich Automatisierung und Informatik, Hochschule Harz, Wernigerode, 2007.

