Spatio-Temporal Real-Time Analysis of Dynamic Scenes in the RoboCup 3D Simulation League

Diplom-Vortrag I

Tobias Warden warden@tzi.de

Universität Bremen

23. Mai 2006

Struktur des Vortrags

1. Die Domäne, Motivation & Ziele
   - Domäne
   - Motivation
   - Ziele der Arbeit
2. Ein Überblick aktueller Forschung
3. Gegenstand der eigenen Arbeit
   - Übersicht
   - Herausforderungen
   - Geplante Umsetzung
   - Evaluation des Ansatzes
4. Literatur & Schluß
   - Eine Literaturauswahl
   - Zu guter letzt...

Domäne, Motivation & Ziele der Arbeit

RoboCup 3D Soccer Simulation League

- Erste Wettkämpfe: RoboCup '04 in Lissabon
- Nachfolgeliga der *2D Simulation League*
  - realistischeres Spielgeschehen (3D)
  - realitätsnahe Behandlung der Physik
- bisher einfaches (nicht artikuliertes) Agentenmodell: Kugel
  $\longrightarrow$ weitgehende Ausblendung von Robotikaspekten
- Fokus auf Teamstrategie und Taktik & deren Übertragbarkeit aus dem realen Fußball
  $\longrightarrow$ neben 2D einzige Liga mit 11 Agenten pro Team
- Die Zukunft:
  - komplexeres Agentenmodell, artikulierter Körper (*humanoid*)
  - effiziente Simulationsumgebung

Grundmotivation

- *Virtual Werder 3D* ist seit Gründung der Liga aktiv
  $\longrightarrow$ RoboCup '04-'05, German Open '04-'05, Dutch Open '06
- Team ist bis jetzt konkurrenzfähig aber nur mäßig erfolgreich
- Agenten arbeiten aktuell auf einer rein *quantitativen* Wissensbasis
  $\longrightarrow$ im wesentlichen 3D-Objekt-Koordinaten
- seit RoboCup 2005: vollständige Reimplementierung des Agenten-Frameworks (Vers. 3.0)
  - hochauflösendes Timing-Modell (per simstep-Aktionen)
  - Kurzzeitgedächtnis, Vorausberechnung & Interpolation
  - ...
- Soweit, so gut. *Aber* $\longrightarrow$ weiterhin Wahrnehmung des Spiels als Folge von *Momentaufnahmen*

Grundmotivation (Fortsetzung)

- den Agenten fehlt es an Spielverständnis
  $\longrightarrow$ Stichwort *qualitative* oder *hybride* Wissensbasis
- Fußball ist eine *hochdynamische Domäne*
  $\longrightarrow$ aktuelle Agenten können die dynamischen Aspekte nicht oder nur schlecht erfassen
- Für den Entwickler ist Entwicklung von Verhalten/Skills auf Basis der *quantitativen* Wissensbasis umständlich
  - Code ist häufig schlecht zu lesen und zu warten, viele Randfälle
  - verleitet zu *Instant-Abstraktion* (Abfrage-Funktionen an WB)

Erkenntnis

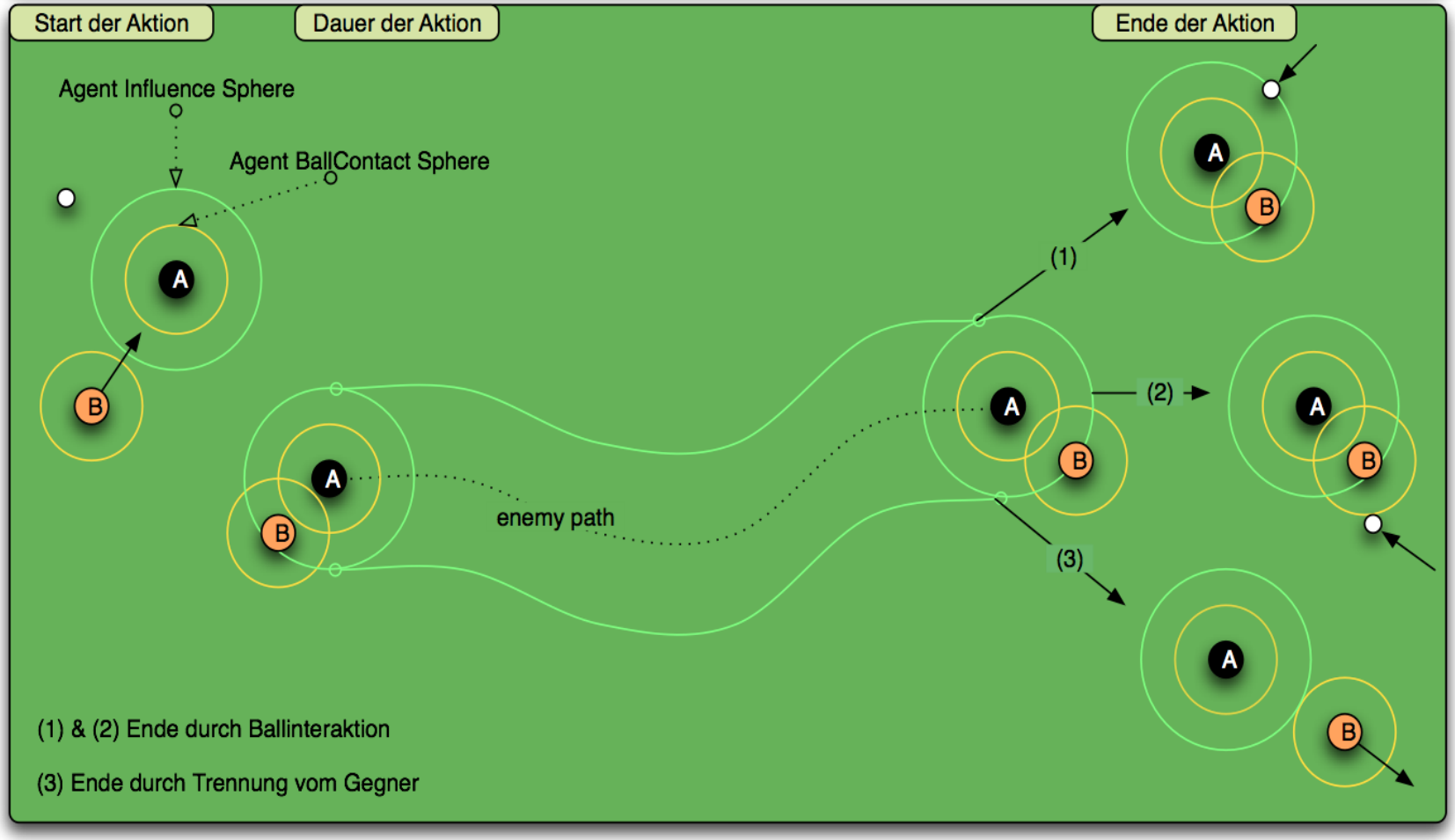
- Die Agenten müssen das Spiel begreifen lernen!

Gegenstand der geplanten Arbeit

- Entwicklung eines Moduls zur *Online Analyse dynamischer Fußball-Szenen* für das Virtual Werder MAS[a]
- Erweiterung der Wissensbasis um eine *qualitative* Ebene
  - Verbesserung der Grounding Situation des Agenten
  - verständliche, komprimierte Zusammenfassung des in den Sensorwerten codierten Wissens
  - beinhaltet domänenspezifisches Hintergrund- bzw. Expertenwissen
- Analyse besitzt zwei Kernaspekte:
  1. Erkennen der aktuellen Situation und der Ereignisse, die zu ihr führten
  2. Abschätzungen über den Verlauf von Aktionen

[a] Multi Agent System

Beispiel: Einfaches Covern eines gegnerischen Spielers



Ein Überblick aktueller Forschung

Analyse dynamischer Szenen, hier im TZI (I)

- Ansatz entwickelt von:
  - Andrea Miene, Dissertation [Mie04, MVH04]
  - Jan Gehrke, Diplom [Geh05, GLH04], Projekt ASKOF
- Der Ansatz in Stichpunkten:
  - ° Ansatz zur Erkennung von Bewegungsmustern (*BM*) in *beliebigen* dynamischen Szenen
  - + Prototypischer Einsatz in mehreren Anwendungsbereichen:
    1. RoboCup 2D Soccer Simulation League (Miene)
    2. Verhaltenssteuerung intelligenter Fahrzeuge, (Gehrke)
  - + Unterteilung allgemeine und domänenspezifische *BM*
  - + Hierarchische Struktur der betrachteten *BM*
  - + Muster-Komplexität nicht begrenzt
    $\rightarrow$ Unterstützung von Kombinationen

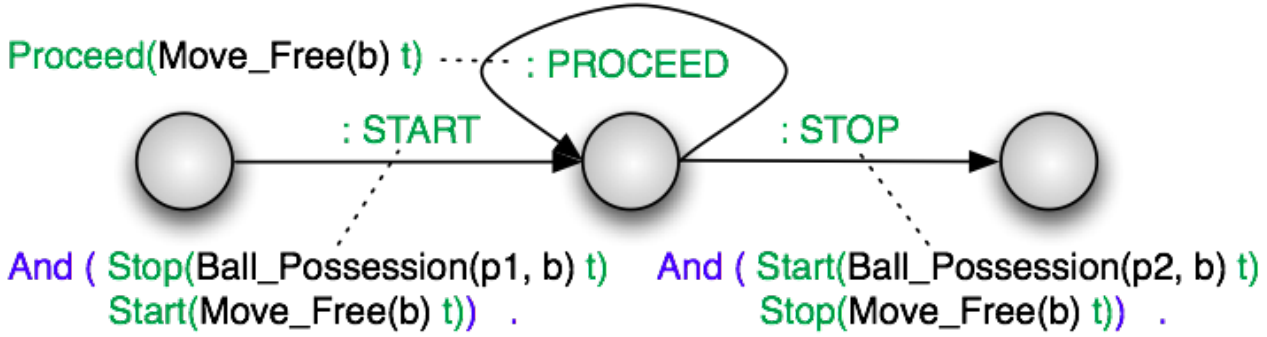
Analyse dynamischer Szenen hier im TZI (II)

- \+ Ansatz ist *offline* und *online* anwendbar
- − Online-Komplexitätsprobleme bei vielen Objekten (> 7)
- − Retrospektive Erkennung von Bewegungsmustern
  $\longrightarrow$ Erkennung erst nach Abschluss des kompletten Musters
- − Problem: noch nicht abgeschlossene, aktive Bewegungsmuster
  $\longrightarrow$ explizite Modellierung erforderlich

- \+ Expertise hier im Haus vorhanden

SFB 314, Projekt VITRA (VIsual TRAnslator)

- *SOCCER/REPLAI* Gerd Herzog [Her92, HG89, RHA87]
  - Tool zur automatischen Erstellung von Sportkommentaren aus Videodaten von Fußballmatches
  - Kommentargenerierung parallel zum Spielverlauf
    $\longrightarrow$ erfordert eine *inkrementelle Erkennungsstrategie*
  - Kern der Erkennung: *Eventmodelle* mit
    - Rollen, Rollenrestriktionen sowie
    - Verlaufs-Diagrammen (*Course Diagrams*)
  - + Erkennung: Event-Instanzen initialisieren, Graph traversieren



SFB 314, Projekt VITRA (II)

- *SOCCER/REPLAI* (Fortsetzung)
  - + deklarative, interval-basierte Konzeptdefinition *für Entwicklung* der Eventmodelle
  - ° logischer Reasoner zur Diagram-Generierung
    → Aufgabe: Auflösung eines temporalen CSP
    → 1:1, bzw. 1:n Zuordnung (Auflösung von Disjunktionen)
  - + Trennung: Online/Erkennung & Offline/Modellierung
    → Reasoning teuer, dafür nur 1x offline
  - + Fokussierung auf relevante Objekte
- *REPLAI-II* Retz-Schmidt, G. [RS91]
  - Erweiterung um Planerkennung einzelner Agenten, Agentengruppen → ebenfalls inkrementell

Analyse dynamischer Szenen, AT Humboldt (I)

- Ansatz entwicklt von:
  - Jan Wendler, Dissertation [Wen03]
  - Uwe T. Müller, Diplom [Mül02] (pure virtual)
- Grundlegendes:
  - ° Integrierter Ansatz zur *automatischen Modellierung & Vorhersage* von Agentenverhalten
    → *Verhaltensbestimmung* als Teilaspekt
    → Einsatz in der RoboCup 2D Simulation League
  - + Inkrementelle Erkennungsstrategie
  - − nur domänenspezifische *BM*
  - − Unterteilung der *BM*: *Ereignisse* & *Verhalten*
    → kein hierarchischer Aufbau (s. Miene)
  - − Modellierung relativ einfacher Verhalten
    → Ebene von *Course Diagrams* (s. VITRA)

Analyse dynamischer Szenen, AT Humboldt (II)

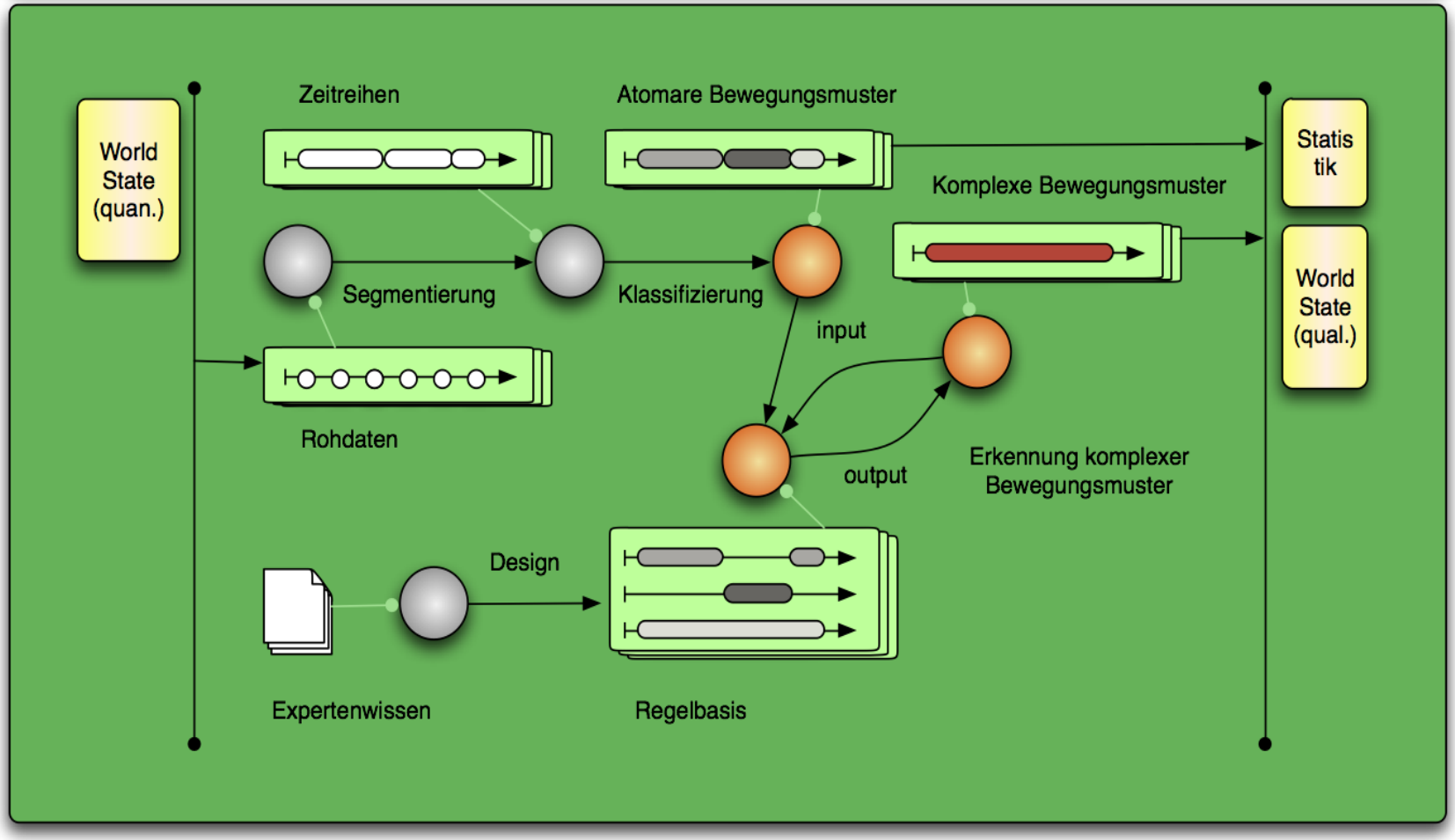
- + Unterstützung von Verhaltensausprägungen
- + Vollständig objektorientierte Umsetzung (*C++*)
- + hohe Abdeckung (im Mittel ca. 98%) über komplettes Spiel
- ° *1ms* pro Analysedurchlauf in einem Zyklus
  → Offline Evaluation auf aufgezeichneten Spieldaten
  → Testsystem: AMD-K6 III, 400 MHz
- ° potentielle Referenz für Evaluation → Methodik und Ergebnisse

Weitere Ansätze (Ausschnitt)

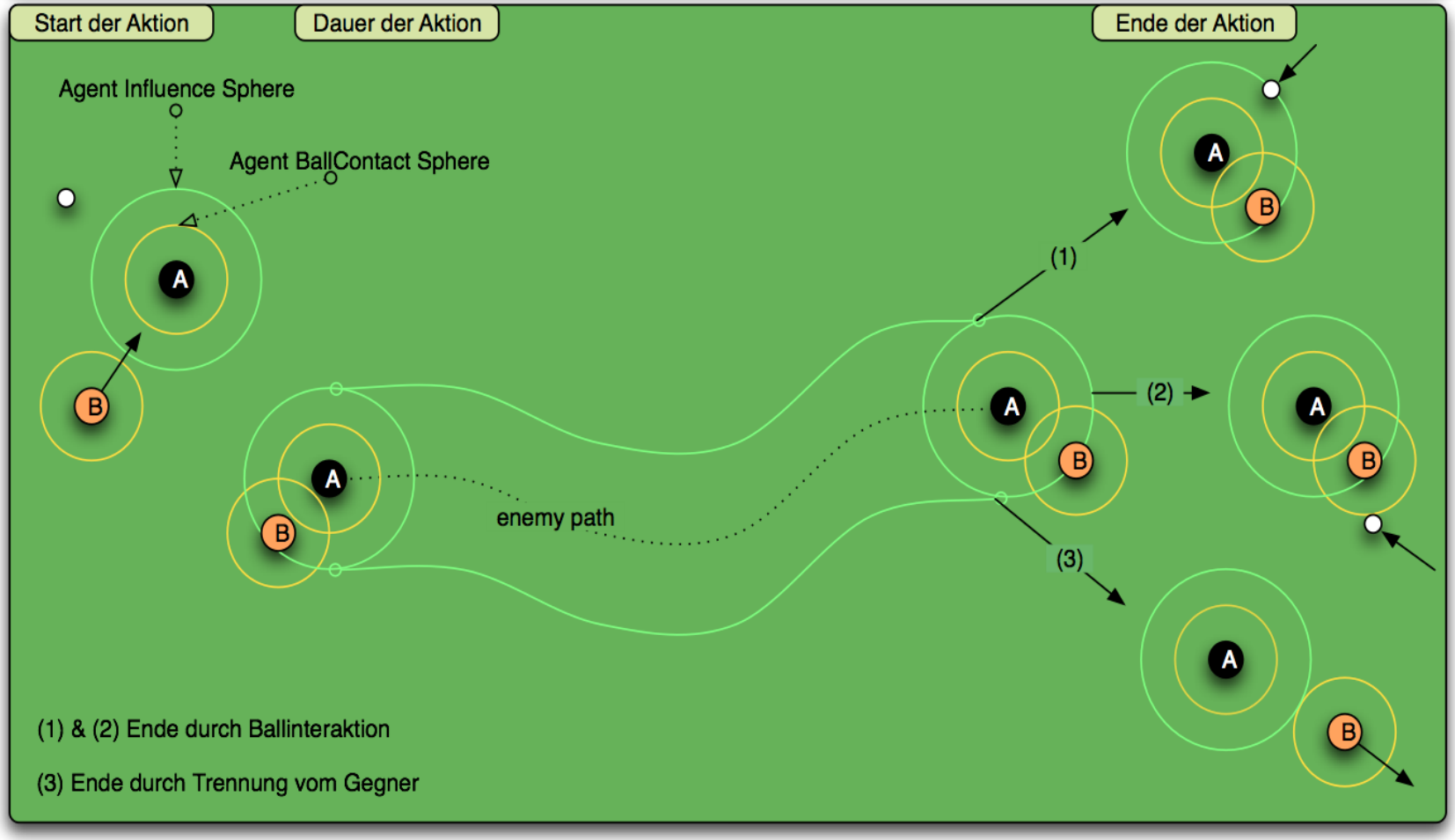
- *FIPM* (RoboCup 2D '06), Beetz et al. [BKL05]
- *ISAAC* (RoboCup 2D, '97-'99), Raines et al. [RTM00]
- *DCAG*, Dagli et al. [DBB02]

Gegenstand der Arbeit

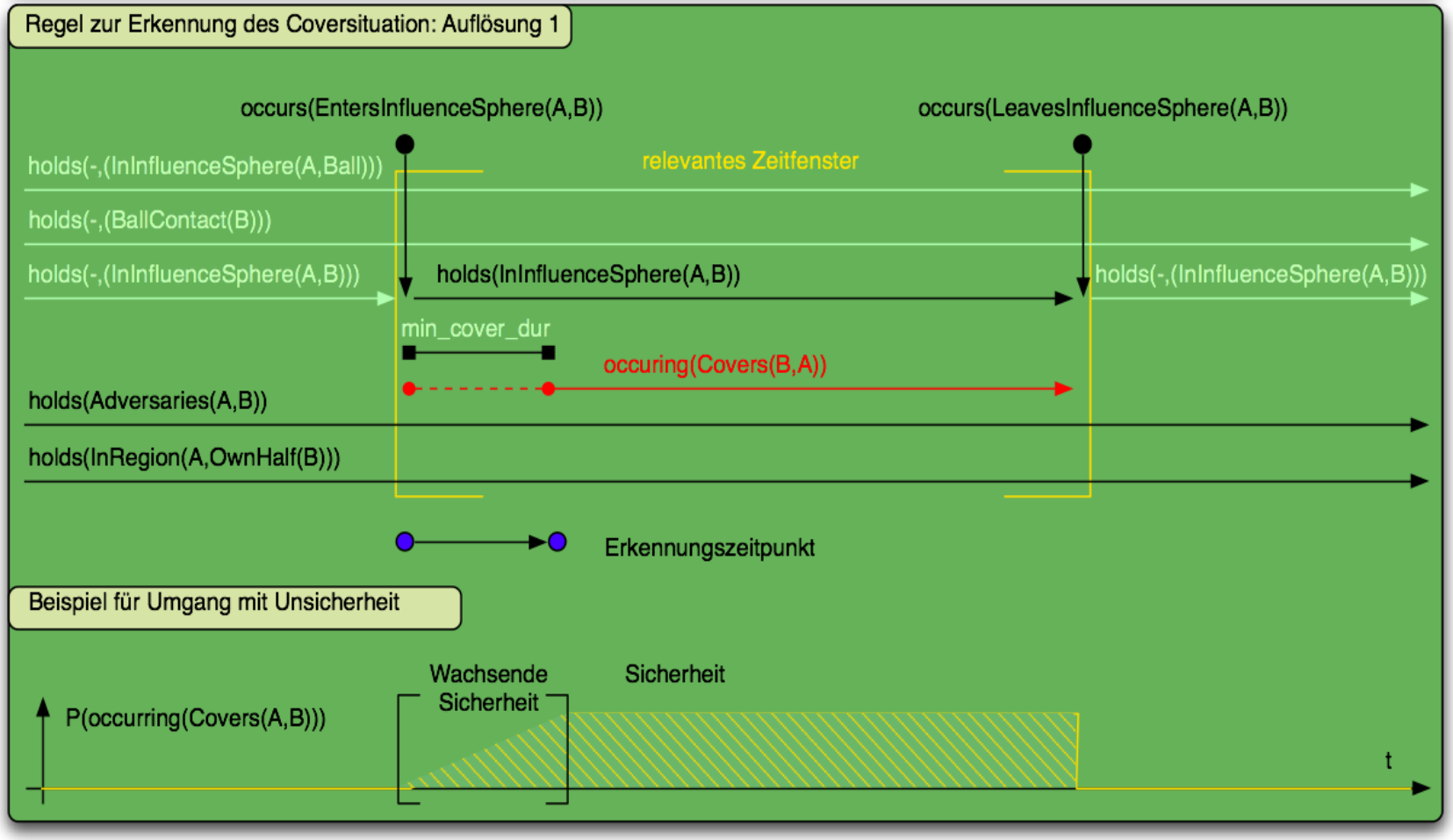
Analyse dynamischer Szenen: Pipeline



Beispiel: Einfaches Covern eines gegnerischen Spielers



Beispiel: Einfaches Covern eines gegnerischen Spielers (Regel)



Online Analyse dynamischer Szenen

- Analyse erfolgt während eines Spieles der 3D Simulationsliga
  - kein dezidierter *Coach-Agent* (s. Wendler et al.)
  - Analyse *durch spielende(n) Agent(en)* in jedem Update-Zyklus
  - Zeiteffizienz $\rightarrow$ Agenten müssen weiterhin spielen
- Ziel: *Identifikation* einer erkennbaren Menge *atomarer & zusammengesetzter Bewegungsmuster*
  - angestrebte Komplexität: *Einzelbewegungsmuster* d.h. *pass, dribble, clear, cover, ...*
  - Betrachtung von Spiel mit und ohne Ball
  - Die Bewegungsmuster sollen in bestimmten Ausprägungen erkannt werden
  - Möglichkeit der Erweiterung auf *taktische Bewegungsmuster*

Online Analyse dynamischer Szenen (II)

- Entwicklung von Stategien, um Anzahl der Inter-Objekt-Relationen zu begrenzen
  - 23 bewegte Objekte (Spieler + Ball) auf dem Spielfeld
  - *Frage*: Welche Relationen sind jeweils relevant für das Spielgeschehen?

Abstraktion

- *Transparenz* des zu entwickelnden Ansatzes gegenüber Änderungen im Agentendesign des 3D Servers
  - Anwendbarkeit der Analyse mit *Kugel-* (2006) & *Legged-* (2007) Agentendesign
  - Eingabe-Daten des Analyse-Plugins sind entsprechend zu wählen

Umgang mit Unsicherheit

- Analyse soll erkannten Mustern Wahrscheinlichkeiten zuordnen können $\rightarrow$ z.B. $P(cover(B, A) < i_{start}, i_{cur} >) = 0.85$
- für ein Feedback erkannter Muster in die Erkennung muss die Propagierung von Wahrscheinlichkeiten unterstützt werden
- Verfahren müssen noch auf Tauglichkeit geprüft werden
  $\rightarrow$ ist aktuell Gegenstand von Recherche

Umgang mit unvollständigem Wissen

- Version 0.5.1 des 3D Servers schränkt Agentensicht ein
  $\rightarrow$ Sichtkegel von 180° *(xy-Ebene)*
  - wird durch effizientes Umsehen und Filterung gut abgefangen
  - Erkennung sollte hierdurch keine großen Probleme bekommen
  - Frage: Was verpasst der Agent durch die eingeschränkte Sicht?

Einige Eckpunkte der geplanten Umsetzung

- Allgemeines Ziel: *nahtlose Integration* in bestehendes MAS
  - bevorzugt integrierter objekt-orientierter Ansatz (*C++*)
    $\rightarrow$ demnächst Proof-of-Concept
  - dient der Ermittlung des Bedarfs der Integration eines logischen Reasoners (*XSB Prolog, Flora*, ...)
  - im Bedarfsfall: Impl. einer sauberen Schnittstelle zum MAS
  - weitgehende Konfigurierbarkeit der erweiterten Funktionalität über Config-System
  - Baukasten-Prinzip bei der Entwicklung
- Arbeiten ausserhalb des MAS, falls benötigt:
  - Anpassung vorhandener Evaluationstools
    $\rightarrow$ *VW3D Monitor*, *VW3D EvalTool*

Evaluation durch Testspiele

- Serie von Testspielen gegen Auswahl von Teams der 3D Liga
  - *Ziel*: Betrachtung möglichst unterschiedlicher Spielstile
- Ergebnisse der Erkennung festhalten in Agenten-Logfiles
- direkte *visuelle Inspektion* der Spiele mit VW3D Monitor
- Prüfung der Güte des Ansatzes: *Abdeckung*, *Accuracy & Precision*

Evaluation durch Spiel-Statistik

- Online-Erstellung einer Spielstatistik (Erweiterung)
  - Grundlage adaptiven Spielverhaltens
  - bei Wettkämpfen wichtig für schnelles Fein-Tuning

Gegenüberstellung der *Grounding Situation*

- *a.*) Standard- (*quantitativ*) und *b.*) Diplomagent (*hybrid*)

Hier und jetzt ...

- Fragen, Kritik, Anmerkungen

Eventuell später...

- Mehr Informationen im Web:
  www.virtualwerder.org → Research → Diploma Theses

Diese Präsentation wurde mit *LaTeX-Beamer* erstellt. Während der Erstellung wurden weder Computer noch Lizenzen verletzt.

Eine Literaturauswahl

Michael Beetz, Bernhard Kirchlechner, and Martin Lames.
Computerized Real-Time Analysis of Football Games, 2005.

Ismail Dagli, Michael Brost, and Gabi Breuel.
Action Recognition And Prediction For Driver Assistance Systems Using Dynamic Belief Networks.
In *Proceeding of the Conference on Agent Technologies, Infrastructures, Tools and Applications for e-Services*, pages 179–194, 2002.

Jan D. Gehrke.
Qualitative Szenenrepräsentation für intelligente Fahrzeuge.
Master's thesis, Universität Bremen, 2005.

Jan D. Gehrke, Andreas D. Lattner, and Otthein Herzog.
Qualitative Mapping of Sensory Data for Intelligent Vehicles.
Technical report, TZI - Center for computing technologies, Universität Bremen, 2004.

Gerd Herzog.
Utilizing Interval-Based Event Representations for Incremental High Level Scene Analysis.
Technical Report 91, Universität des Saarlandes, 1992.

Gerd Herzog and Retz-Schmidt Gudula.
Das System SOCCER: Simultane Interpretation und natürlichsprachliche Beschreibung zeitveränderliche Szenen.
In J. Perl, editor, *Sport & Informatik*, pages 95–119, 1989.

Andrea Miene.
Räumlich-zeitliche Analyse von dynamischen Szenen.
PhD thesis, Universität Bremen, 2004.

Eine Literaturauswahl

Uwe Thomas Müller.
Beschreiben und Erkennen von Verhaltensmustern beim simulierten Fußballspiel.
Master's thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany, 2002.

Andrea Miene, Ubbo Visser, and Otthein Herzog.
Recognition and Prediction of Motion Situations Based on a Qualitative Motion Description.
In D. Polani, B. Browning, A. Bonarini, and K. Yoshida, editors, *RoboCup 2003: Robot Soccer World Cup VII*, volume 3020 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 77–88. Springer, 2004.

Thomas Rist, Gerd Herzog, and Elisabeth André.
Ereignismodellierung zur inkrementellen high-level bildfolgenanalyse.
In E Buchberger and J. Retti, editors, *3. Österreichische Artificial-Intelligence-Tagung*, pages 1–11. Berlin, Heidelberg: Springer, 1987.

Gudula Retz-Schmidt.
Recognizing Intentions, Interactions, and Causes of Plan Failures.
In *User Modeling and User-Adapted Interaction*, volume 1, pages 173–202, The Netherlands, 1991. Kluwer Academic Publishers.

Taylor Raines, Milind Tambe, and Stacy Marsella.
Automated Assistants to Aid Humans in Understanding Team Behaviors.
In *AGENTS '00: Proceedings of the fourth international conference on Autonomous agents*, pages 419–426, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.

Jan Wendler.
Automatisches Modellieren von Agenten-Verhalten: Erkennen, Verstehen und Vorhersagen von Verhalten in komplexen Multi-Agenten-Systemen.
PhD thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, 2003.