

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

## Diplom-Kolloquium

Tobias Warden | [warden@tzi.de](mailto:warden@tzi.de)

Technologiezentrum Informatik (TZI), FB3 Universität Bremen

10. Dezember 2007

- 1 Einführung
  - Motivation der Arbeit
  - Verwandte Arbeiten
- 2 Analyse-Ansatz
  - Aufgabenbereiche und Systemkontext
  - Qualitatives Mapping
  - Detektion ausgedehnter Bewegungssituationen
- 3 Evaluation
  - Precision & Recall der Detektion von Bewegungsmustern
  - Laufzeitperformanz des Systems (Realzeit & Simulation)
  - Einfluss wichtiger Designentscheidungen
- 4 Fazit und Ausblick

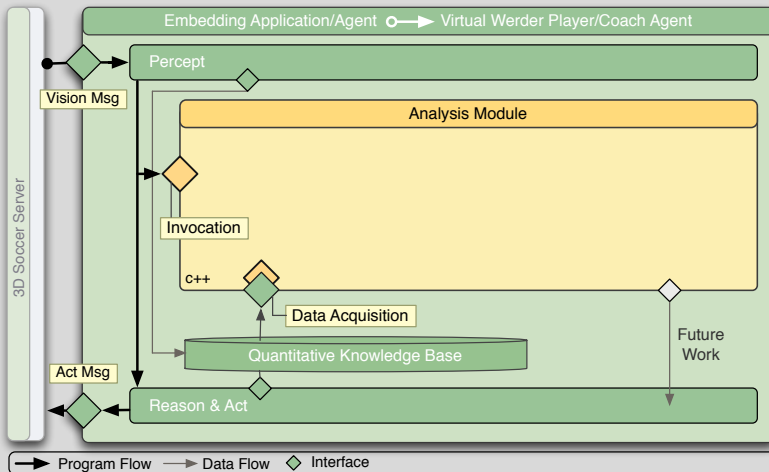
## Grundmotivation

- Entwicklung des Virtual Werder RoboCup 3D SSL Teams ('04–'07)
- Spieler-Agenten pflegen umfassende quantitative Wissensbasis
- Wahrnehmung *hochdynamischen, kontinuierlichen Simulationszenarios* als *niederfrequente* Folge diskreter Momentaufnahmen (→ 5Hz)
- Wissen über ausgedehnte Bewegungssituationen *implizit* codiert
  - Potential der vorhandenen Datenbasis liegt teilweise brach
  - Mismatch zwischen menschlichem Spielverständnis und Agentensicht
  - Skill-/Verhaltensentwicklung ↔ Low-Level Programmierung
- *Skalierende, homogene* Detektion von Bewegungssituationen
  - Situationseigenschaften, Ereignisse, Aktionen, Sequenzen, ...
  - Präzise Formalisierung für Bewegungs-Templates
    - *Explizite Repräsentation von Hintergrund- & Expertenwissen*
  - Aufsetzend auf kompakter, qualitativer Szenenbeschreibung
- Verbesserte *Grounding Situation* von Spielern/Trainer

## Auswahl von Vorarbeiten zur Analyse dynamischer Szenen

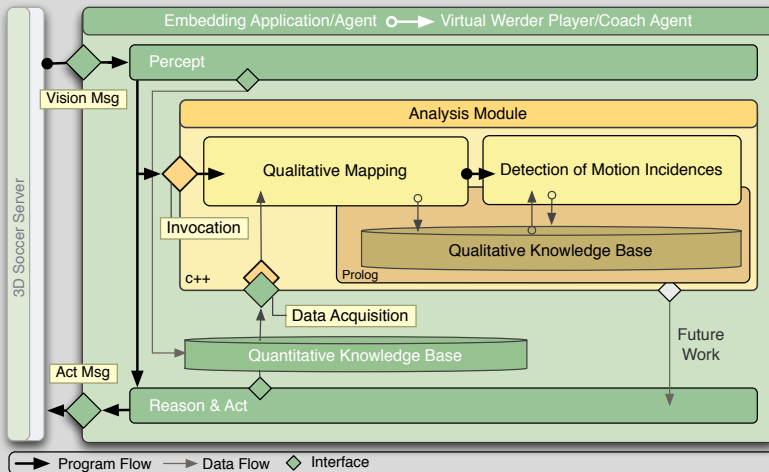
- ① *Probabilistische Erkennung taktischer Footballspielzüge*
  - S. Intille & A. Bobick [IB01]
- ② *Online-Unterstützung von Coaching-Aufgaben*
  - FIPM (RoboCup 2D SSL '06), M. Beetz et al. [BKL05]
- ③ *Analyse von Fußballspielen zur automatischen Kommentargenerierung*
  - SOCCER, G. Herzog [Her95], REPLAI, G. Retz-Schmidt [Ret92]
- ④ *Analyse dynamischer Szenen im Kontext von Verhaltensvorhersagen*
  - AT Humboldt, RoboCup 2D SSL, J. Wendler [Wen03], U. Müller [Mül02]
- ⑤ *Domänenübergreifende Analyse dynamischer Szenen (TZI)*
  - RoboCup 2D SSL, A. Miene [Mie04, MVH04]
  - Autonome Fahrzeuge (ASKOF), J. Gehrke [Geh05, GLH04]

## Aufgabenbereiche und Systemkontext



(→ Impl.)

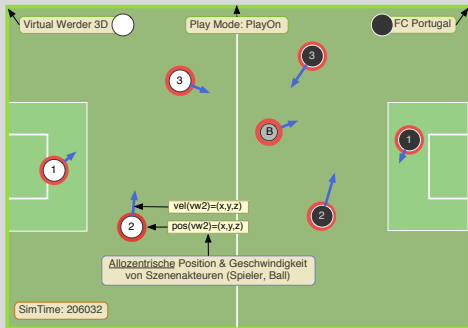
## Aufgabenbereiche und Systemkontext



(→ Impl.)

## Qualitative Szenenreräsentation → Fokussierung → Mapping

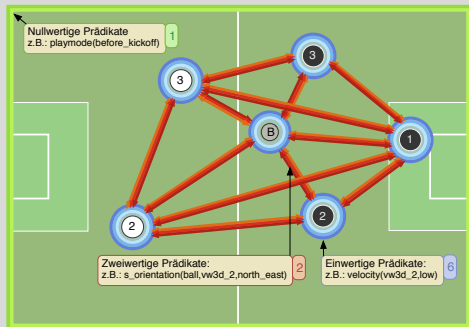
- Szenenbeschreibung folgt Vorschlägen für 2D SSL [Mie04]
  - 3. Dimension (→ Ball)
  - Minimale Relationenmenge
- Analyse *relevanter Szenenausschnitte*
  - Einschränkung durch Ballorientierung
  - Flexibel erweiterbare Fokussierung [Ret91]



- Hochkonfigurierbare Klassifikation quantitativer Zeitreihen (ZR)
  - Univariate ZR mit offenem oder zyklischem Wertebereich → Stabil gegen Oszillation durch Intervall-Hysteresis [SWW05]
  - zweistufiges Vorgehen für bivariate ZR (z.B. Aufenthaltsregionen)
- Erzeugung von Fakten: *Expliziter Abschluss* ↔ *Verlängerung* [Geh05]

## Qualitative Szenenreräsentation → Fokussierung → Mapping

- Szenenbeschreibung folgt Vorschlägen für 2D SSL [Mie04]
  - 3. Dimension (→ Ball)
  - Minimale Relationenmenge
- Analyse *relevanten Szenenausschnitts*
  - Einschränkung durch Ballorientierung
  - Flexibel erweiterbare Fokussierung [Ret91]

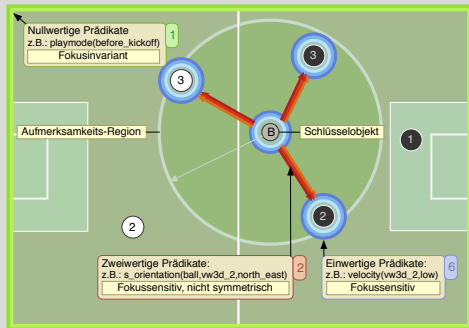


- Hochkonfigurierbare Klassifikation quantitativer Zeitreihen (ZR)
  - Univariate ZR mit offenem oder zyklischem Wertebereich  
→ Stabil gegen Oszillation durch Intervall-Hysteresis [SWW05]
  - zweistufiges Vorgehen für bivariate ZR (z.B. Aufenthaltsregionen)
- Erzeugung von Fakten: *Expliziter Abschluss* ↔ *Verlängerung* [Geh05]



## Qualitative Szenenrepräsentation → Fokussierung → Mapping

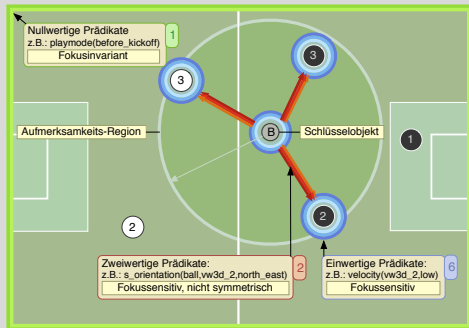
- Szenenbeschreibung folgt Vorschlägen für 2D SSL [Mie04]
  - 3. Dimension (→ Ball)
  - Minimale Relationenmenge
- Analyse *relevanten Szenenausschnitts*
  - Einschränkung durch Ballorientierung
  - Flexibel erweiterbare Fokussierung [Ret91]



- Hochkonfigurierbare Klassifikation quantitativer Zeitreihen (ZR)
  - Univariate ZR mit offenem oder zyklischem Wertebereich  
→ Stabil gegen Oszillation durch Intervall-Hysteresis [SWW05]
  - zweistufiges Vorgehen für bivariate ZR (z.B. Aufenthaltsregionen)
- Erzeugung von Fakten: *Expliziter Abschluss* ↔ *Verlängerung* [Geh05]

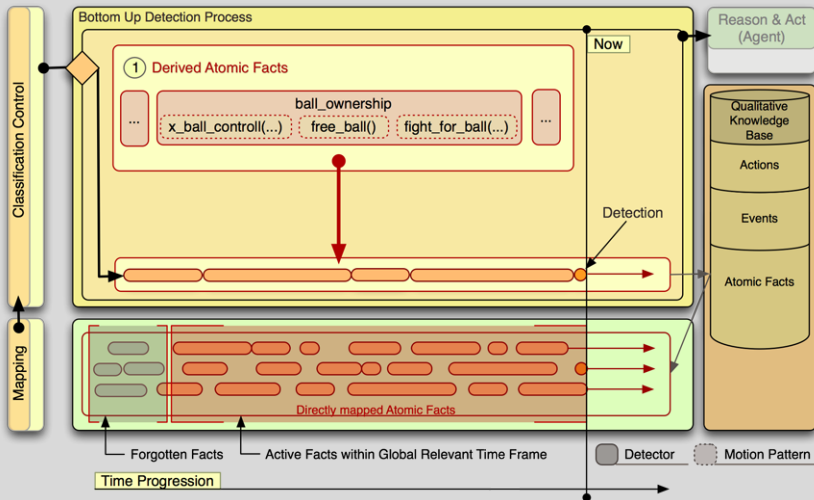
## Qualitative Szenenrepräsentation → Fokussierung → Mapping

- Szenenbeschreibung folgt Vorschlägen für 2D SSL [Mie04]
  - 3. Dimension (→ Ball)
  - Minimale Relationenmenge
- Analyse *relevanten Szenenausschnitts*
  - Einschränkung durch Ballorientierung
  - Flexibel erweiterbare Fokussierung [Ret91]

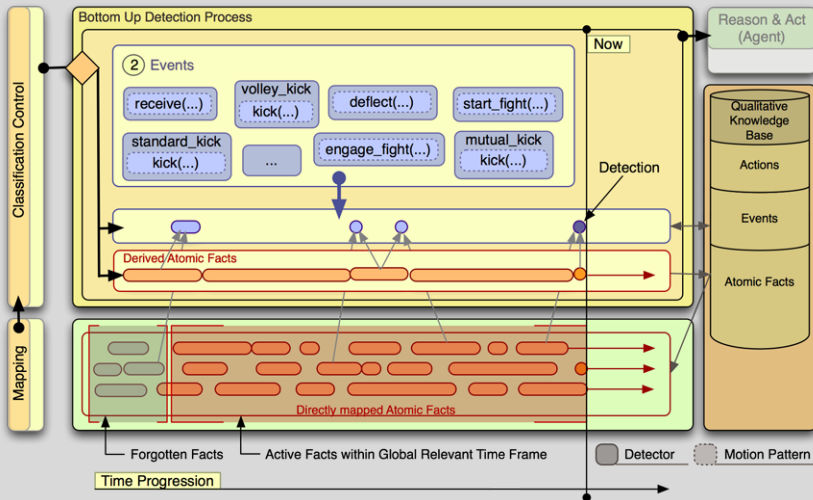


- Hochkonfigurierbare Klassifikation quantitativer Zeitreihen (ZR)
  - Univariate ZR mit offenem oder zyklischem Wertebereich  
→ Stabil gegen Oszillation durch Intervall-Hysterese [SWW05]
  - zweistufiges Vorgehen für bivariate ZR (z.B. Aufenthaltsregionen)
- Erzeugung von Fakten: *Expliziter Abschluss* ↔ *Verlängerung* [Geh05]

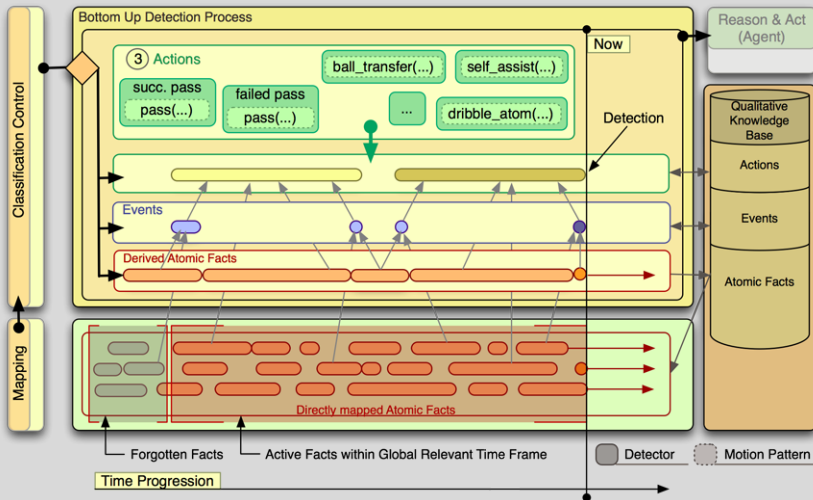
## Umfang und Ablauf der Detektion von Bewegungssituationen



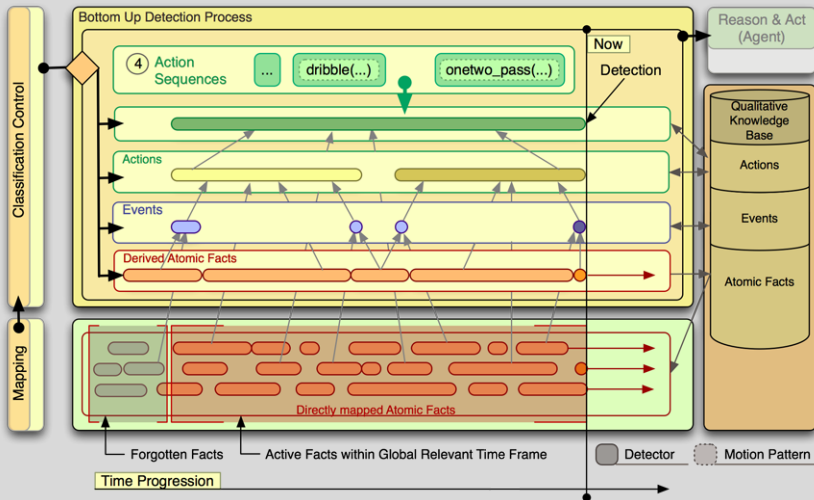
## Umfang und Ablauf der Detektion von Bewegungssituationen



## Umfang und Ablauf der Detektion von Bewegungssituationen



## Umfang und Ablauf der Detektion von Bewegungssituationen



## Konzeptionelle Grundlage der Detektion von Bewegungssituationen

### ① Knowledge Engineering

- *Logisch-formale Spezifikation* domänenspezifischer Bewegungsmuster (→ Bsp.)
- Abbildung in Deklarative Programmierung (Prolog)

### ② Bewegungssituationen detektieren ↔ *Räumlich-zeitliches Pattern Matching*

- XSB Prolog als logisches Inferenzsystem
  - Implementierung räumlicher und zeitlicher Relationen (Allen, Freksa)
  - Danach Ausnutzung von Standard-Backtracking-Algorithmen
- Retrospektive Detektion von Bewegungssituationen (→ *kategorisches Wissen*)
  - Vermeidet Formulierung/Verfolgung von *Bewegungshypothesen*
  - Inkrementelle Detektion selbständlicher Aktionssequenzen
- Differenzierte Charakterisierung von Bewegungssituationen
- Explizite Behandlung mehrdeutiger Detektion derselben Bewegungssituation

## Konzeptionelle Grundlage der Detektion von Bewegungssituationen

### ① Knowledge Engineering

- *Logisch-formale Spezifikation* domänenspezifischer Bewegungsmuster (→ Bsp.)
- Abbildung in Deklarative Programmierung (Prolog)

### ② Bewegungssituationen detektieren ↔ *Räumlich-zeitliches Pattern Matching*

- XSB Prolog als logisches Inferenzsystem
  - Implementierung räumlicher und zeitlicher Relationen (Allen, Freksa)
  - Danach Ausnutzung von Standard-Backtracking-Algorithmen
- Retrospektive Detektion von Bewegungssituationen (→ *kategorisches Wissen*)
  - Vermeidet Formulierung/Verfolgung von *Bewegungshypothesen*
  - Inkrementelle Detektion selbständlicher Aktionssequenzen
- Differenzierte Charakterisierung von Bewegungssituationen
- Explizite Behandlung mehrdeutiger Detektion derselben Bewegungssituation



## Konzeptionelle Grundlage der Detektion von Bewegungssituationen

### ① Knowledge Engineering

- *Logisch-formale Spezifikation* domänenspezifischer Bewegungsmuster (→ Bsp.)
- Abbildung in Deklarative Programmierung (Prolog)

### ② Bewegungssituationen detektieren ↔ *Räumlich-zeitliches Pattern Matching*

- XSB Prolog als logisches Inferenzsystem
  - Implementierung räumlicher und zeitlicher Relationen (Allen, Freksa)
  - Danach Ausnutzung von Standard-Backtracking-Algorithmen
- Retrospektive Detektion von Bewegungssituationen (→ *kategorisches Wissen*)
  - Vermeidet Formulierung/Verfolgung von *Bewegungshypothesen*
  - Inkrementelle Detektion selbständlicher Aktionssequenzen
- Differenzierte Charakterisierung von Bewegungssituationen
- Explizite Behandlung mehrdeutiger Detektion derselben Bewegungssituation

## Ablauf der Detektion – Unkonditionierte Aktivierung vs. Begründete Aktivierung

### ① Unkonditionierte Aktivierung

- ⊖ ignoriert Aktivierungskontext
- ⊖ Bewegungssituationen als isolierte Entitäten

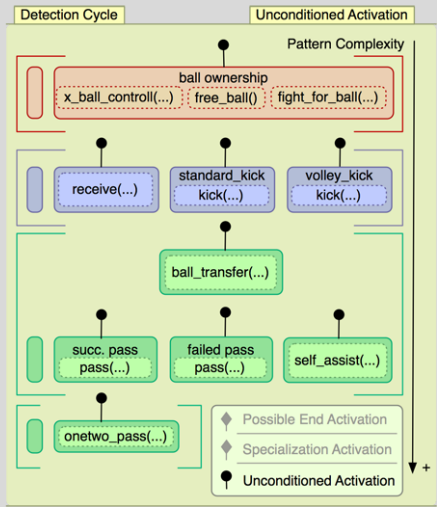
### ② Spezialisierungs-Aktivierung

- ⊕ vorgegebener Zeitrahmen
- ⊕ Prüfung zusätzlicher Constraints

### ③ Mögliches-Ende-Aktivierung

- ⊕ Aktivierung bedingt Fund potentiellen Situationsendes
- ⊕ Mehrfachaktivierung möglich

- Expertenwissen über Musterkomposition steigert Detektions-Effizienz



## Ablauf der Detektion – Unkonditionierte Aktivierung vs. Begründete Aktivierung

### ① Unkonditionierte Aktivierung

- ⊖ ignoriert Aktivierungskontext
- ⊖ Bewegungssituationen als isolierte Entitäten

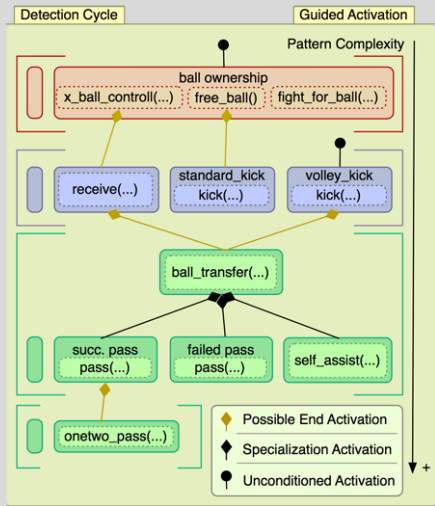
### ② Spezialisierungs-Aktivierung

- ⊕ vorgegebener Zeitrahmen
- ⊕ Prüfung zusätzlicher Constraints

### ③ Mögliches-Ende-Aktivierung

- ⊕ Aktivierung bedingt Fund potentiellen Situationsendes
- ⊕ Mehrfachaktivierung möglich

- Expertenwissen über Musterkomposition steigert Detektions-Effizienz



# Evaluation

## Struktur

- ① Precision & Recall der Detektion von Bewegungsmustern...
  - ① *Präzise Sicht* des Coach-Agenten
  - ② *Verrauschte Sicht* eines Spieler-Agenten (Mittelfeld)
- ② Laufzeitperformanz des Systems (Realzeit & Simulation)
- ③ Einfluss wichtiger Designentscheidungen

## Precision &amp; Recall unter Coach-Sicht – Auswertung

Motion Class	Type	#P <sub>System</sub>	#P <sub>Truth</sub>	#∩	m <sub>prec</sub>	m <sub>rec</sub>
Virtual Werder 3D vs. FC Portugal (Game 1, 1 <sup>st</sup> Half)					1500 analysis cycles	
kick	event	62	67	62	1.0	0.925
collective kick	event	4	2	2	0.5	0.667
receive	event	78	76	76	0.974	1.0
ball_transfer	action	59	65	57	0.966	0.877
pass (success)	action	17	19	16	0.941	0.842
pass (failure)	action	23	28	23	1.0	0.821
self_assist	action	18	18	18	1.0	1.0
Virtual Werder 3D vs. SEU (Game 2, 2 <sup>nd</sup> Half)					1500 analysis cycles	
kick	event	63	71	63	1	0.887
collective kick	event	1	1	1	1.0	1.0
receive	event	83	83	79	0.951	0.951
ball_transfer	action	60	69	57	0.95	0.826
pass (success)	action	36	41	36	1.0	0.878
pass (failure)	action	16	20	14	0.875	0.7
self_assist	action	8	8	7	0.875	0.875
Accumulated Results (Corresponds to Full Game)					3000 analysis cycles	
kick	event	125	138	125	1.0	0.905
collective kick	event	5	4	3	0.6	0.75
receive	event	161	159	155	0.963	0.974
ball_transfer	action	119	134	114	0.957	0.850
pass (success)	action	53	60	52	0.981	0.866
pass (failure)	action	39	48	37	0.948	0.771
self_assist	action	26	26	25	0.961	0.961
header notation: m <sub>prec</sub> : precision, m <sub>rec</sub> : recall, #P <sub>xy</sub> : detections by 'xy', #∩: mutual detections						

## Aufgedeckte Probleme

- ① Extrem dynamisches Spielsystem, 'berührungsfreies' Schiessen (SEU)  
→ Unvollständige Antizipation möglicher Bewegungssituationen
- ② Detektion erfolgt teilweise übereilt (→ Ballannahme vs. Ballpassage)

## Precision & Recall unter Coach-Sicht – Vergleichende Einordnung

- Analysequalität ist bei größerer Szenenkomplexität der (Offline!) Implementierung für RoboCup 2D SSL beinahe ebenbürtig!

## Aufgedeckte Probleme

- ① Extrem dynamisches Spielsystem, 'berührungsfreies' Schiessen (SEU)  
→ Unvollständige Antizipation möglicher Bewegungssituationen
- ② Detektion erfolgt teilweise übereilt (→ Ballannahme vs. Ballpassage)

## Precision & Recall unter Coach-Sicht – Vergleichende Einordnung

Action Class	Analysis Miene (2D Sim)		Implemented Analysis (3D Sim)	
	$m_{prec}$	$m_{rec}$	$m_{prec}$	$m_{rec}$
pass (success)	0.955	0.933	0.981	0.866
pass (failure)	0.898	0.928	0.948	0.771
self_assist	1.000	0.955	0.961	0.961
cumulative/ $\Delta$	0.938/-	0.932/-	0.963/+0.025	0.866/-0.066

- Analysequalität ist bei größerer Szenenkomplexität der (Offline!) Implementierung für RoboCup 2D SSL beinahe ebenbürtig!

## Precision &amp; Recall unter Agenten-Sicht – Auswertung

Motion Class	Type	#P <sub>System</sub>	#P <sub>Truth</sub>	#∩	m <sub>prec</sub>	m <sub>rec</sub>	
Coach Data		Virtual Werder 3D vs. Aeolus (Game 4, 1 <sup>st</sup> Half)			1500 analysis cycles		
kick	event	50	53	47	0.94	0.887	
collective kick	event	4	2	2	0.5	1.0	
receive	event	64	50	50	0.938	0.938	
ball_transfer	action	44	49	39	0.886	0.796	
pass (success)	action	20	21	19	0.950	0.905	
pass (failure)	action	20	23	17	0.850	0.739	
self_assist	action	5	5	3	0.600	0.600	
Agent Data		Virtual Werder 3D vs. Aeolus (Game 4, 1 <sup>st</sup> Half)			1500 analysis cycles		
kick	event	43	53	43	1.0	0.811	-0.076 0.06
collective kick	event	5	2	1	0.2	0.5	
receive	event	62	64	60	0.967	0.938	-0.0 0.029
ball_transfer	action	38	49	35	0.921	0.714	-0.082 0.035
pass (success)	action	20	21	17	0.850	0.810	-0.095 -0.10
pass (failure)	action	13	23	13	1.000	0.565	-0.174 0.15
self_assist	action	6	5	5	0.833	1.000	0.4 0.233

header notation: m<sub>prec</sub>: precision, m<sub>rec</sub>: recall, #P<sub>xy</sub>: detections by 'xy', #∩: mutual detections

- Detektion bleibt robust gegenüber False Positives
- Erklärung der Verschlechterung von  $m_{rec}$ :  
→ Initiale Ballbeschleunigung bei Schüssen oft nicht wahrgenommen



## Aufgeschlüsselte Laufzeitperformanz gemessen in Realzeit – Kennzahlen

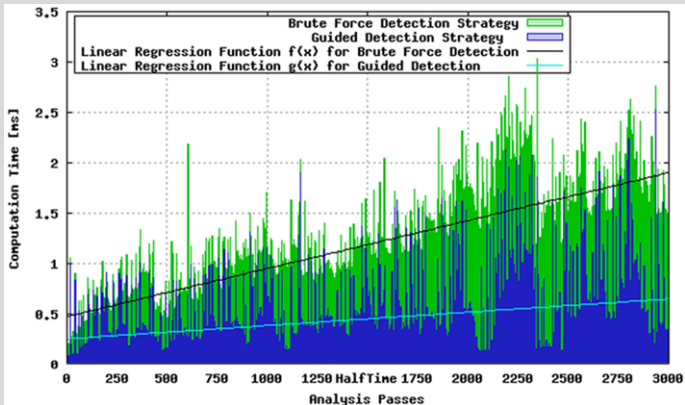
x3	VW3D vs.	Aeolus	Fantasia	WrightEagle	SEU	FC Portugal
<b>Qualitative Abstraction</b>						
Median	1.176	1.026	1.304	1.198	1.13	
Q <sub>5</sub> /Q <sub>95</sub>	0.43/1.914	0.34/1.826	0.532/2.328	0.516/2.99	0.362/2.335	
Min/Max	0.137/7.227	0.131/5.544	0.167/6.137	0.18/5.181	0.122/6.553	
Mean±SD	1.297±0.692	1.12±0.57	1.395±0.652	1.275±0.562	1.242±0.677	
Actors/cycle	8.147±2.722	6.871±2.52	8.564±2.62	7.77±2.11	8.339±2.81	
Relations/cycle	49.88±10.32	42.3±15.1	52.38±15.73	47.61±12.65	51.03±16.83	
Facts in KB	653.3±194.5	588.64±165.4	719.54±180.16	687.07±169.94	644.17±221.08	
<b>Recognition of Motion Incidences</b>						
Median	0.99	0.958	1.115	1.341	1.013	
Q <sub>5</sub> /Q <sub>95</sub>	0.308/1.914	0.324/1.862	0.369/2.328	0.407/2.99	0.181/2.335	
Min/Max	0.11/5.505	0.110/5.412	0.11/15.093	0.111/8.0	0.107/7.793	
Mean±SD	1.027±0.599	1.0±0.553	1.218±0.786	1.478±0.924	1.137±0.717	
Events/game	581.0	581.0	655.3	738.0	642.0	
Events/cycle	104.19	104.19	0.218±0.63	0.246±0.66	0.214±0.632	
Actions/game	109.0	200.3	157.3	247.3	133.3	
Actions/cycle	0.036±0.239	0.07±0.354	0.052±0.316	0.0824±0.41	0.04±0.27	
<b>Complete Spatio-Temporal Analysis (QA&amp;DE)</b>						
Median	2.211	2.035	2.491	2.626	2.264	
Q <sub>5</sub> /Q <sub>95</sub>	1.018/4.072	0.992/3.612	1.204/4.423	1.284/4.701	0.754/4.27	
Min/Max	0.413/8.709	0.302/7.467	0.351/16.262	0.376/9.277	0.298/8.859	
Mean±SD	2.324±0.957	2.152±0.812	2.612±1.056	2.754±1.113	2.379±1.083	

## Akkumulierte Laufzeitperformanz gemessen in Simulationszeit – Kennzahlen

- Kontextinformation zur gemessenen Simulationszeit:
  - Deliberations-Handlungs-Zyklus zwischen Wahrnehmungen: *20 SimSteps*
  - Wahrnehmungsverarbeitung durch Spieler-Agenten: *ca. 4 SimSteps*
  - Durchlauf Entscheidungsbaum: *1 SimStep*

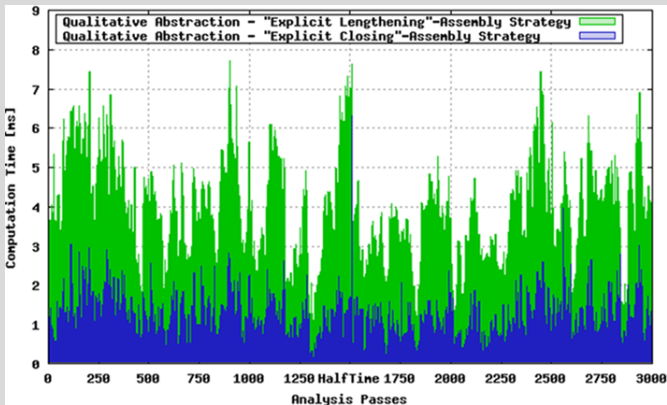
VW3D vs.	Aeolus	Fantasia	WrightEagle	SEU	FC Portugal
0 SimSteps	2847.0	2919.7	2757.7	2530.0	2729.3
1 SimSteps	153.0	80.3	242.3	470.0	270.7

## Einfluss der Detektionsstrategie auf die Laufzeitperformanz



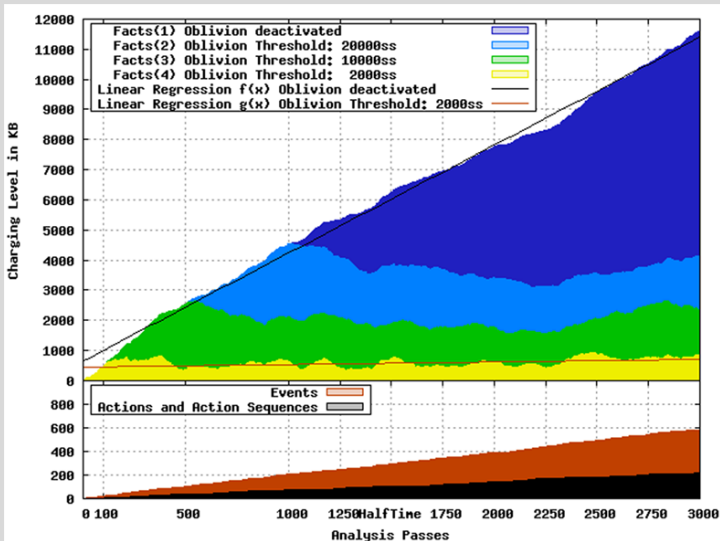
	Brute Force Bottom-Up	Guided Bottom-Up
Recognition of Motion Incidences		
Median	1.117	0.371
Q <sub>5</sub> /Q <sub>95</sub>	0.476/2.050	0.138/1.004
Min/Max	0.191/3.033	0.079/2.528
Mean±SD	1.189±0.483	0.452±0.289

## Einfluss der Faktenerzeugung auf die Laufzeitperformanz

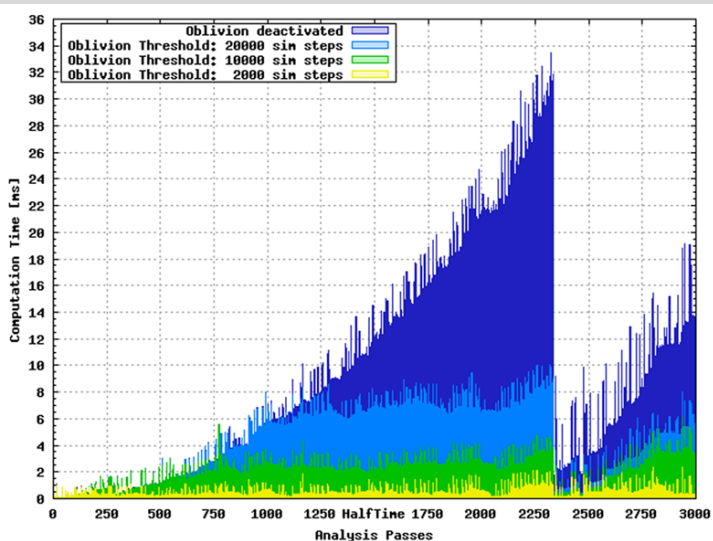


	Explicit Closing	Explicit Lengthening
Qualitative Abstraction		
Median	0.768	3.625
Q <sub>5</sub> /Q <sub>95</sub>	0.175/1.822	1.620/5.927
Min/Max	0.053/6.327	0.560/7.725
Mean±SD	0.859±0.525	3.634±1.274

## Einfluss des Fakten-Vergessens – Füllstand der Wissensbasis ↔ Laufzeit



## Einfluss des Fakten-Vergessens – Füllstand der Wissensbasis ↔ Laufzeit



## Was wurde erreicht?

- Framework zur Erstellung/Pflege einer kategorischen, qualitativen Wissensbasis
  - ① Echtzeitfähigkeit
  - ② Domänenunabhängigkeit
  - ③ Hochkonfigurierbarer Funktionsumfang (Mapping & Detektion)
  - ④ Einfache Adaption des Musterpools
    - z.B. durch instruierten Domänenexperten ( $\neq$  Programmierer)
- Nachgewiesene der Anwendbarkeit in hochdynamischen Szenarien
  - unter *niederfrequenter* ( $\rightarrow$  5Hz) *präziser* und *verrauschter* Sicht
  - 'Graceful Degradation' der Detektionsqualität

## Konkrete Anwendung

- Carsten Elfers: "*Aktionsvorhersage durch relationale Hidden Markov Modelle auf der Basis einer qualitativen raumzeitlichen Repräsentation*" [E1f07]
  - Erfolgreiche Nutzung erstellter Detektionsprotokolle als Lern-Eingabe

## Was wurde erreicht?

- Framework zur Erstellung/Pflege einer kategorischen, qualitativen Wissensbasis
  - ① Echtzeitfähigkeit
  - ② Domänenunabhängigkeit
  - ③ Hochkonfigurierbarer Funktionsumfang (Mapping & Detektion)
  - ④ Einfache Adaption des Musterpools
    - z.B. durch instruierten Domänenexperten ( $\neq$  Programmierer)
- Nachgewiesene der Anwendbarkeit in hochdynamischen Szenarien
  - unter *niederfrequenter* (→ 5Hz) *präziser* und *verrauschter* Sicht
  - 'Graceful Degradation' der Detektionsqualität

## Konkrete Anwendung

- Carsten Elfers: "*Aktionsvorhersage durch relationale Hidden Markov Modelle auf der Basis einer qualitativen raumzeitlichen Repräsentation*" [EIF07]
  - Erfolgreiche Nutzung erstellter Detektionsprotokolle als Lern-Eingabe



## Was wurde erreicht?

- Framework zur Erstellung/Pflege einer kategorischen, qualitativen Wissensbasis
  - ① Echtzeitfähigkeit
  - ② Domänenunabhängigkeit
  - ③ Hochkonfigurierbarer Funktionsumfang (Mapping & Detektion)
  - ④ Einfache Adaption des Musterpools
    - z.B. durch instruierten Domänenexperten ( $\neq$  Programmierer)
- Nachgewiesene der Anwendbarkeit in hochdynamischen Szenarien
  - unter *niederfrequenter* ( $\rightarrow$  5Hz) *präziser* und *verrauschter* Sicht
  - 'Graceful Degradation' der Detektionsqualität

## Konkrete Anwendung

- Carsten Elfers: "*Aktionsvorhersage durch relationale Hidden Markov Modelle auf der Basis einer qualitativen raumzeitlichen Repräsentation*" [Elf07]
  - Erfolgreiche Nutzung erstellter Detektionsprotokolle als Lern-Eingabe

## Ansatzpunkte für Future Work

- *Aufgabenangemessenheit* der qualitativen Szenenbeschreibung
- Flexiblere Fokussierungsheuristiken (*multiple/dynamische* Schlüsselobjekte)
- Detektion *taktischer Spielzüge*
- ⊕ *Hybride Datenbasis* → Nutzung aufbereiteten quantitativen Wissens [Wen03, Mus00]
  - Umsetzung erweiterter Differenzierung von Bewegungsmustern
- ⊕ Lerngestützte, (teil-)autonomer Erstellung & Optimierung von Bewegungsmustern
  - Assoziationsregellernen (*MiTemp* [Lat07])
- ⊕ *Kollaborative Erstellung* einer globalen, konsistenten Wissensbasis
- ⊕ Expansion in *neue Anwendungsdomänen*
  - *Sport* → Analyse von Fernsehübertragungen [BGB<sup>+</sup>07]
  - *Biologie* → Analyse von Zell- oder Insekten-Bewegungen [BKV01]
- ⊕ Anbindung einer Planerkennung [BWE07]

## Danke für die Aufmerksamkeit!

- Fragen, Anmerkungen, Kritik

## Demo: Live-Analyse

- Regelkonformes (verkürztes) Spiel der RoboCup 3D SSL (VW3D vs. SEU)
- Coach-Agent analysiert das Spiel und schreibt Ergebnisse in Log-File
- Anzeige des Log-Fortschrittes.

## Eine Literaturlauswahl



Michael Beetz, Suat Gedikli, Jan Bandouch, Bernhard Kirchlechner, Nico von Hoyningen-Huene, and Alexander Perzylo.  
Visually Tracking Football Games Based on TV Broadcasts.  
In *IICAI*, 2007.



Michael Beetz, Bernhard Kirchlechner, and Martin Lames.  
Computerized Real-Time Analysis of Football Games.  
*IEEE Pervasive Computing*, 4(3):33–39, 2005.



Tucker Balch, Zia Khan, and Manuela Veloso.

Automatically Tracking and Analyzing the Behavior of Live Insect Colonies.

In Jörg P. Müller, Elisabeth Andre, Sandip Sen, and Claude Frasson, editors, *Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents*, pages 521–528, Montreal, Canada, 2001. ACM Press.



Tjorben Bogon, Thomas Wagner, and Carsten Elfers.

Incremental Generation of Abductive Explanations for Tactical Behavior.

In Björn Gottfried, editor, *Proceedings of the Workshop on Behaviour Monitoring and Interpretation*, volume 296 of *CEUR Workshop Proceedings*, pages 117 – 128, 2007.



Carsten Elfers.

Aktionsvorhersage durch relationale Hidden Markov Modelle auf der Basis einer qualitativen raumzeitlichen Repräsentation.  
Master's thesis, Universität Bremen, 2007.



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, 1995.



Stephen S. Intille and Aaron F. Bobick.  
**Recognizing Planned, Multiperson Action.**  
*Computer Vision and Image Understanding: CVIU*, 81(3):414–445, 2001.



Andreas D. Lattner.  
**Temporal Pattern Mining in Dynamic Environments.**  
 PhD thesis, Universität Bremen, Bremen, Germany, May 2007.



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



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



Alexandra Musto.  
**Qualitative Repräsentation von Bewegungsverläufen.**  
 PhD thesis, Technische Universität München, 2000.



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.



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.



Gudula Retz-Schmidt.  
**Die Interpretation des Verhaltens mehrerer Akteure in Szenenfolgen.**  
 Informatik-Fachberichte; Sub-Series: Artificial Intelligence; Thesis;. Berlin [a.o]: Springer, 1992.



Gerald Steinbauer, Jörg Weber, and Franz Wotawa.

From Real-world to its Qualitative Representation – Practical Lessons Learned.

In *18th International Workshop on Qualitative Reasoning*, pages 186–191, Graz, 2005.

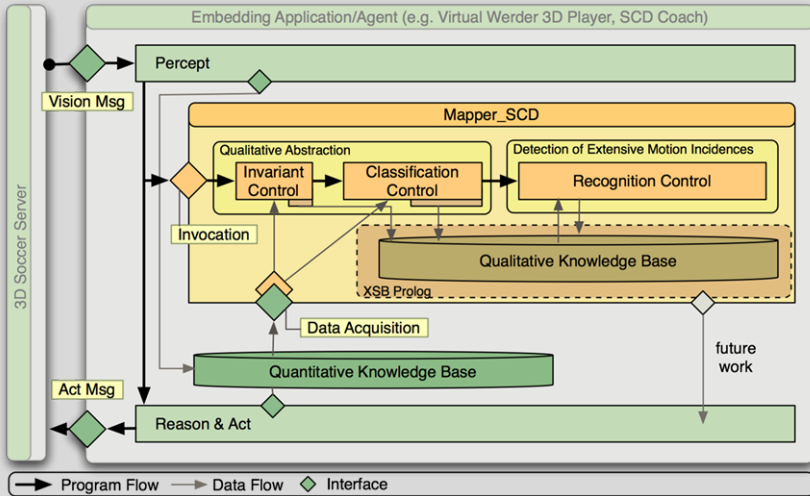


Jan Wendler.

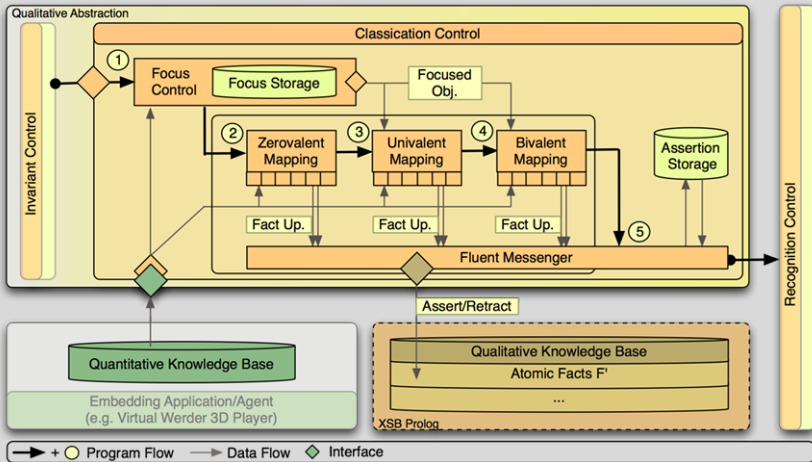
*Automatisches Modellieren von Agenten-Verhalten: Erkennen, Verstehen und Vorhersagen von Verhalten in komplexen Multi-Agenten-Systemen.*

PhD thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, 2003.

# Konzeptioneller Überblick – implementierte SCD-System und Integration

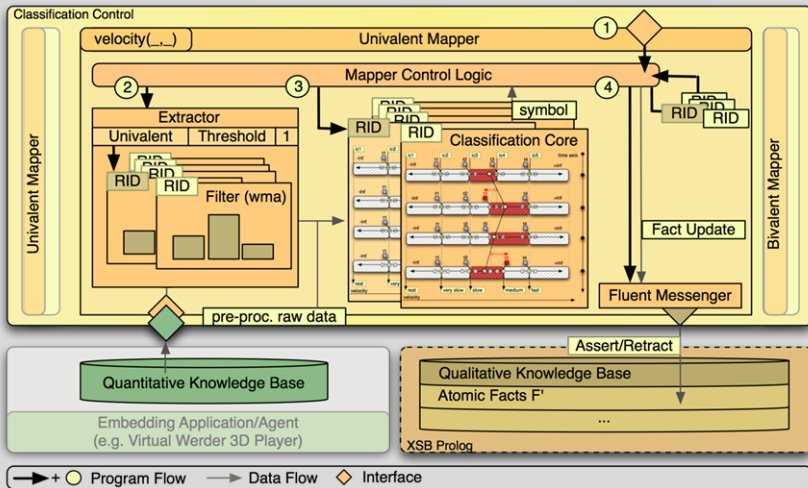


# Konzeptioneller Überblick – Qualitatives Mapping

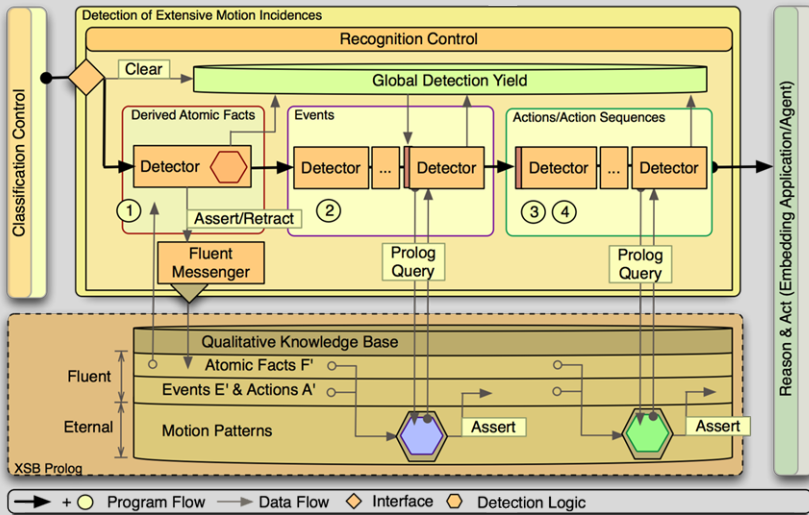




# Konzeptioneller Überblick – Mapping Engine



# Konzeptioneller Überblick – Detektion von Bewegungsmustern



## Ereignis-Bewegungsmuster für den 'Standard-Kick'

$$OCCUR(\overbrace{\text{kick}(\text{shooter}, \text{dir}^{glob:8}, \text{height}, \text{std})}^{\text{reference}}, \langle s, e \rangle) \Leftarrow \quad (1)$$

*type*

$$FACT(\text{free\_ball}, \langle e, \text{inf} \rangle) \quad (2)$$

$$\wedge FACT(\text{acceleration}(\text{ball}, \text{increasing}), \langle s, e_1 \rangle) \quad (3)$$

$$\wedge \text{DurationAtMax}(\langle s, e \rangle, 40) \quad (4)$$

$$\wedge FACT(\text{distance}(\text{ball}, \text{shooter}, \text{touch}), \langle s_2, e_2 \rangle) \quad (5)$$

$$\wedge (\text{Meets}(\langle s_2, e_2 \rangle, \langle s, e \rangle) \vee \text{Contemporary\_Of}(\langle s_2, e_2 \rangle, \langle s, e \rangle)) \quad (6)$$

$$\wedge HOLDS(\text{motion\_Dir}(\text{ball}, \text{dir}^{glob:8}), \langle e, e + 1 \rangle) \quad (7)$$

$$\wedge HOLDS(\text{sorientation}(\text{ball}, \text{shooter}, \text{dir}_2), \langle s, s + 1 \rangle) \quad (8)$$

$$\wedge \text{Opposite\_Of}(\text{dir}, \text{dir}_2) \quad (9)$$

$$\wedge HOLDS(\text{zposition\_trend}(\text{ball}, \text{trend}), \langle e, e + 1 \rangle) \quad (10)$$

$$\wedge \text{Translate}_{z\text{trend}}^{\text{height}}(\text{trend}, \text{height}) \quad (11)$$

(→ Konz.)

## Aktions-Bewegungsmuster für ein erfolgreiches 'Atomares Dribbling'

$$OCCURRING(\overbrace{dribble\_atom(player, dir^{team:6}, success)}^{\substack{\text{reference} \\ \text{diversification}}}, \langle s, e \rangle) \Leftarrow \quad (1)$$

*succ*

$$OCCURRING(self\_assist(player, dir^{team:6}), \langle s, e_1 \rangle) \quad (2)$$

$$\wedge FACT(x\_ball\_control(player), \langle s_2, e_2 \rangle) \quad (3)$$

$$\wedge Meets(\langle s, e_1 \rangle, \langle s_2, e_2 \rangle) \quad (4)$$

$$\wedge OCCUR(kick(player, \_, \_, standard), \langle s_3, e_3 \rangle) \quad (5)$$

$$\wedge ( Meets(\langle s_2, e_2 \rangle, \langle s_3, e_3 \rangle) \vee BornBeforeDeathOf(\langle s_2, e_2 \rangle, \langle s_3, e_3 \rangle) ) \quad (6)$$

$$\wedge Meets(\langle s, e \rangle, \langle s_3, e_3 \rangle) \quad (7)$$

$$\wedge C\_HOLDS(distance(ball, player, close), \langle s, e \rangle) \quad (8)$$

(→ Konz.)