

SAMS



Sichere Kognitive Systeme

Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH

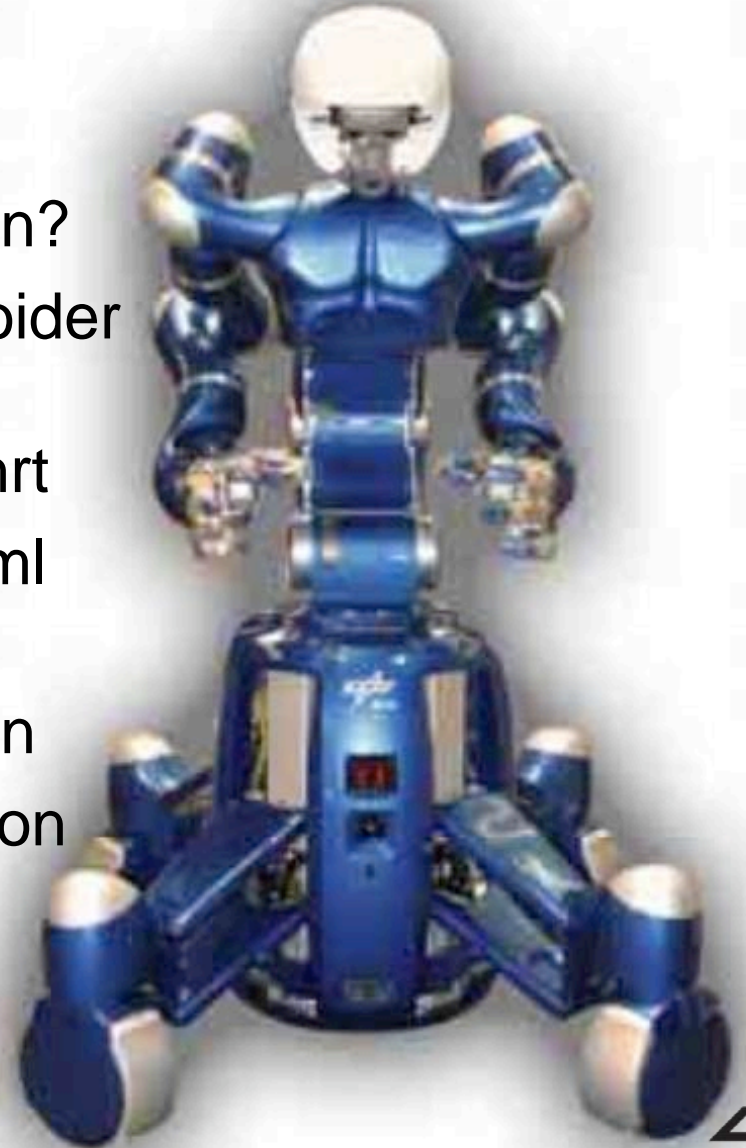
Ausblick: Kollisionsvermeidung im dreidimensionalen Raum

Udo Frese
Holger Täubig

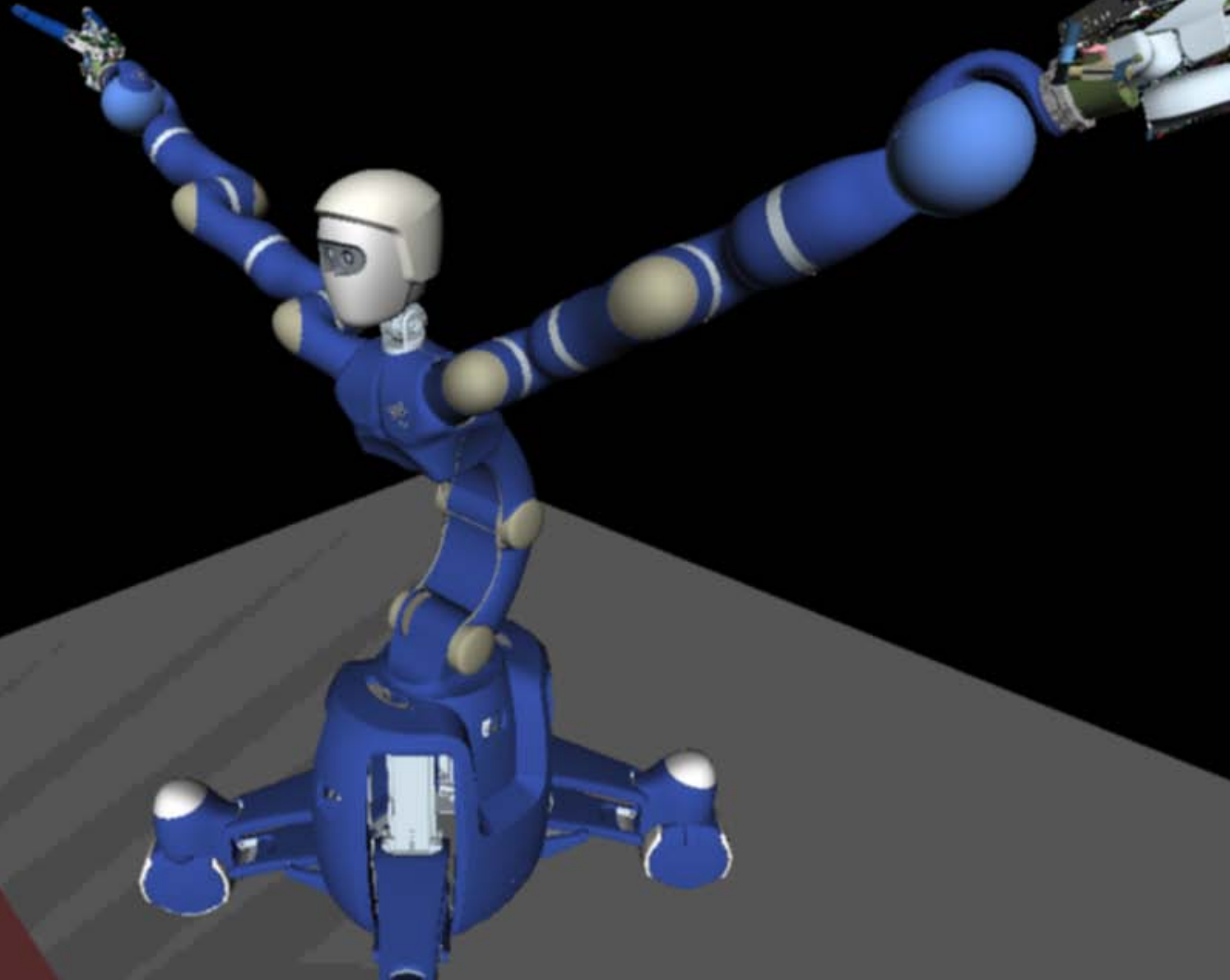
Sichere Kognitive Systeme

Motivation

- SAMS Algorithmus in 3D zur Absicherung von Roboterarmen?
- Projekt „Ballfangender humanoider Roboter“ mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Christoph Borst, Berthold Bäuml
- Vermeiden von Eigenkollision bei schnellen Fangbewegungen
- Zukunft: Vermeiden von Kollision mit Personen



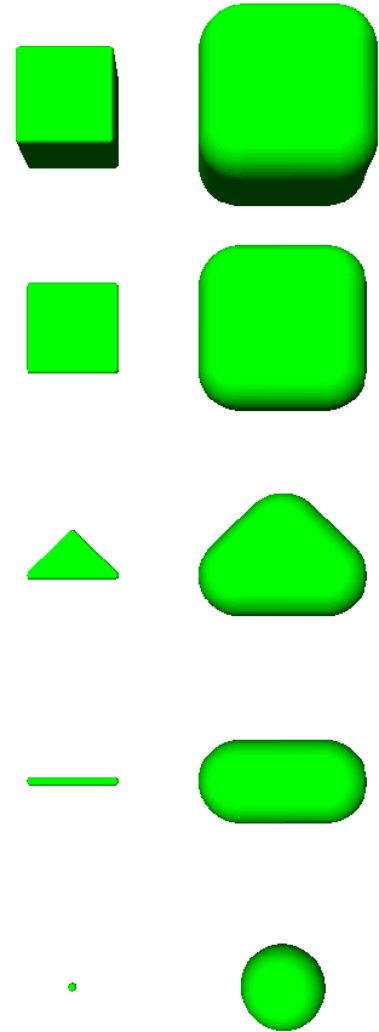
- Humanoider Roboter „Justin“ (Modell vom DLR)



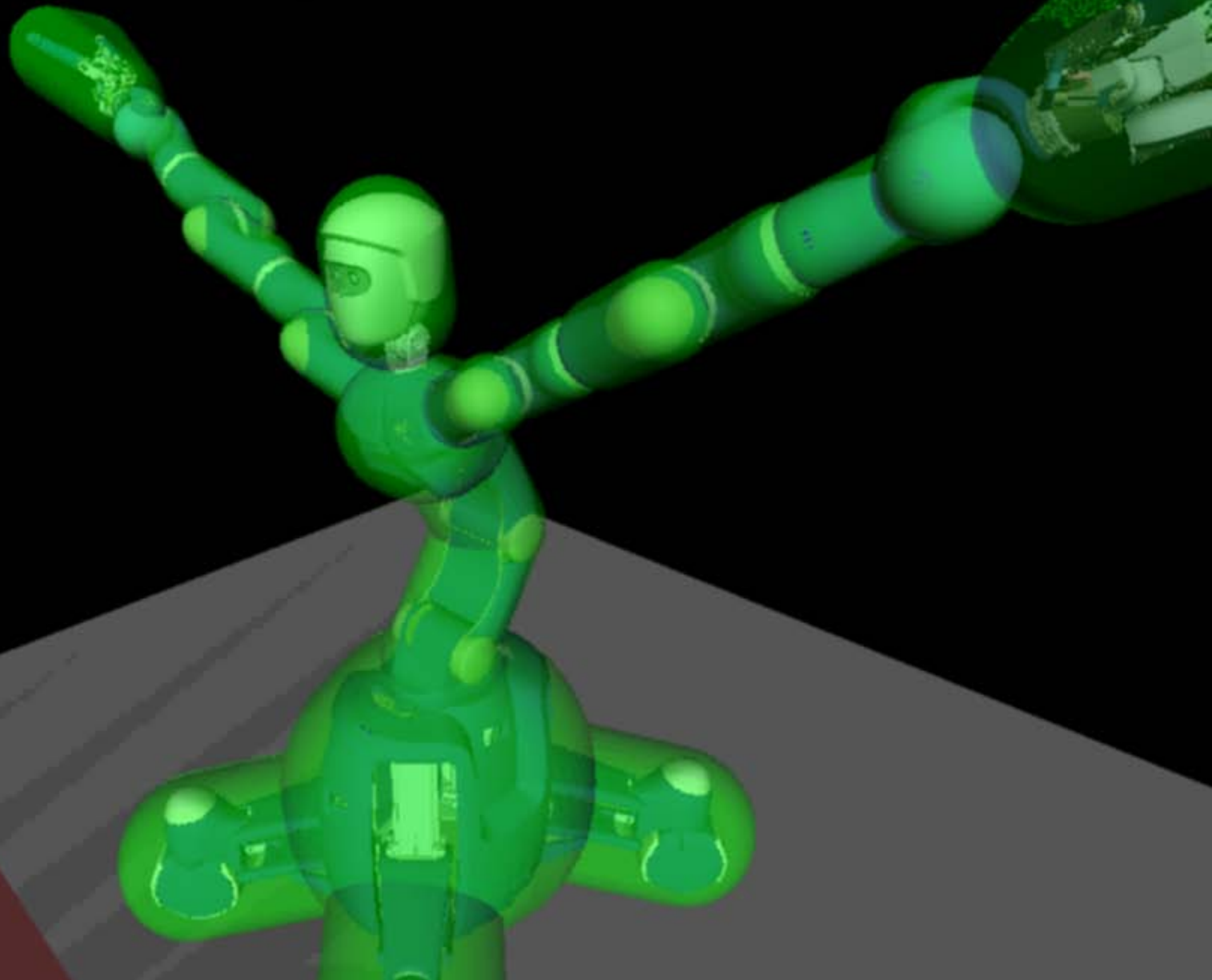
Video Justin 1

Repräsentation

- konvexe Hülle von Punkten plus Pufferradius
- sowohl kantige, als auch runde Körper mit wenigen Punkten
- keine Verbindungsinformation (Mesh)
 - \Rightarrow keine Probleme mit (numerisch) entarteten Dreiecken



Modellierung des Justin in SAMS 3D



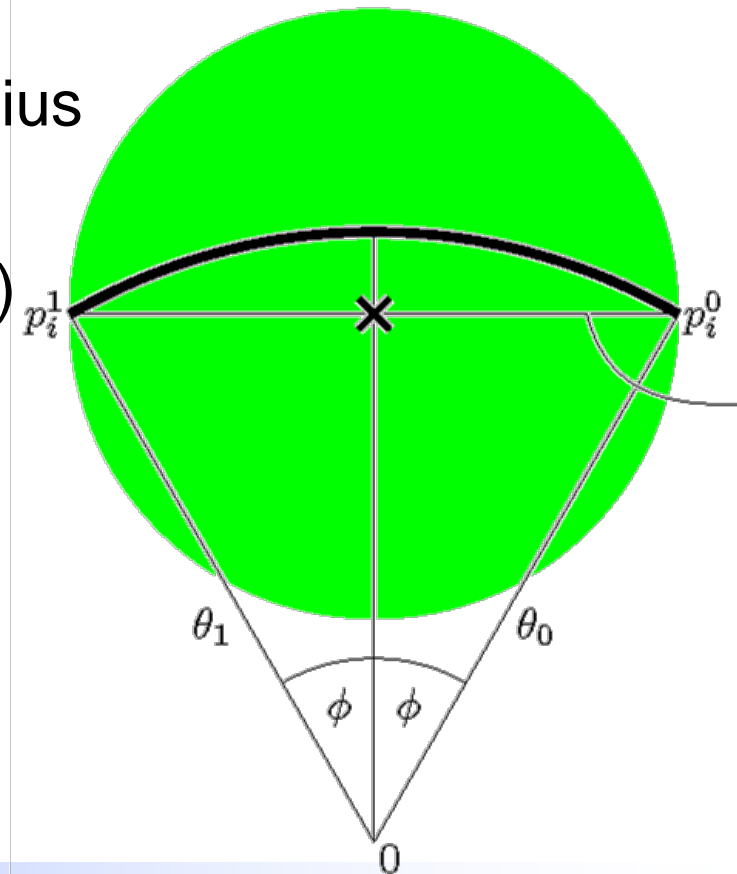
Video Justin 2

Berechnung der Schutzfelder

- Bewegung von Gelenkwinkelkonfiguration Θ_0 nach Θ_1
- während des Bremsens überstrichenenes Volumen
- Betrachte überstrichenenes Volumen in verschiedenen Koordinatensystemen entlang kinematischer Kette
 - Körperkoordinatensystem: Körper selbst
 - Weltkoordinatensystem: gesuchtes Schutzfeld
 - dazwischen: sukzessiv Effekt jedes Gelenkes einrechnen

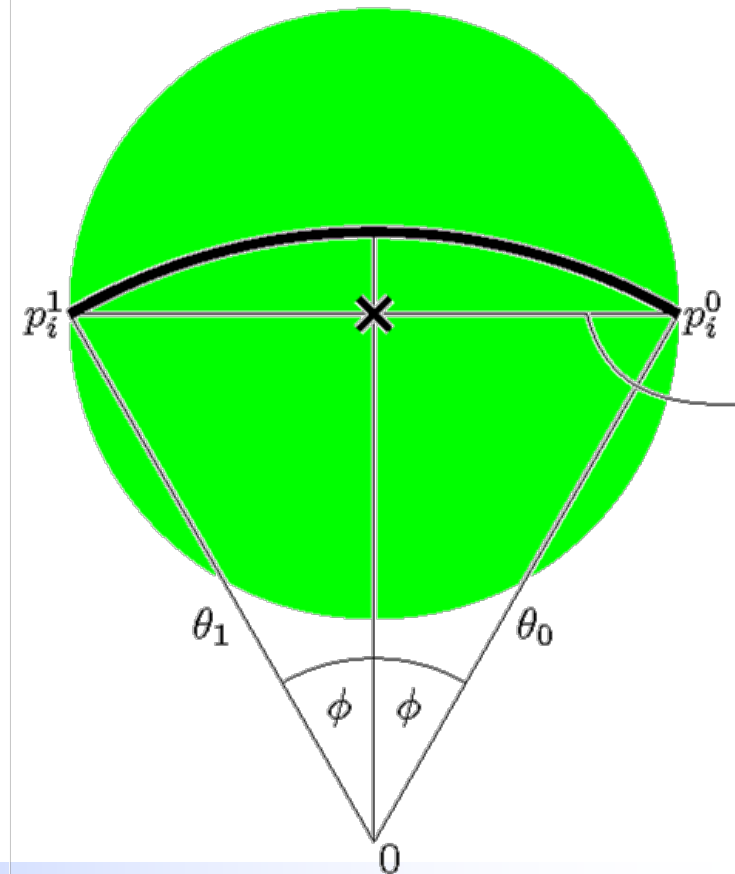
Effekt eines Drehgelenkes (Ordnung 0)

- Punkt bewegt sich entlang Bogen
- Bogen wird durch Kreis überdeckt
- Kreis = k . Hülle von 1 Punkt plus Radius
- Bewegung der k . Hülle der Punkte
 \subset k . Hülle der bewegten Punkte (Bogen)
 \subset k . Hülle der Mittelpunkte plus Radius



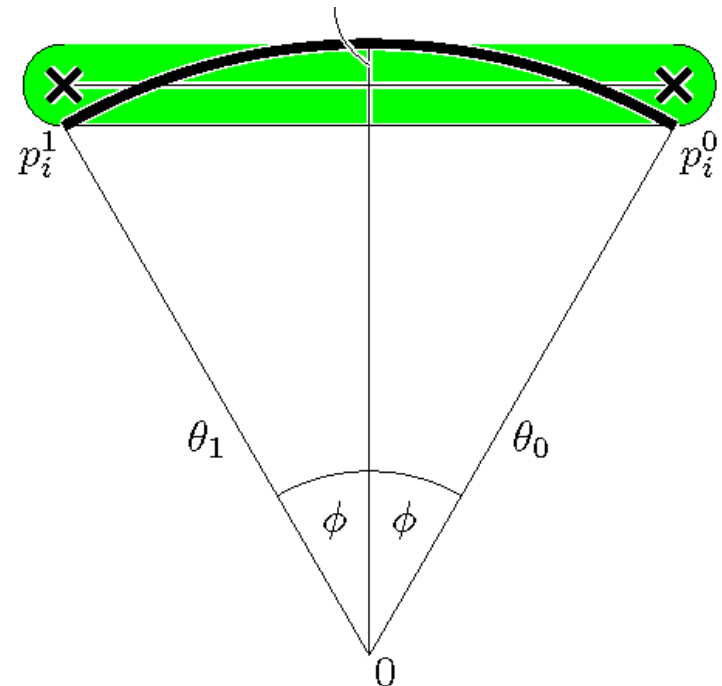
Effekt eines Drehgelenkes (Ordnung 0)

- Algorithmus:
 - für alle Punkte:
 - Mittelpunkt errechnen
 - Radius errechnen
 - Mittelpunkte zusammenfassen
 - maximalen Radius nehmen

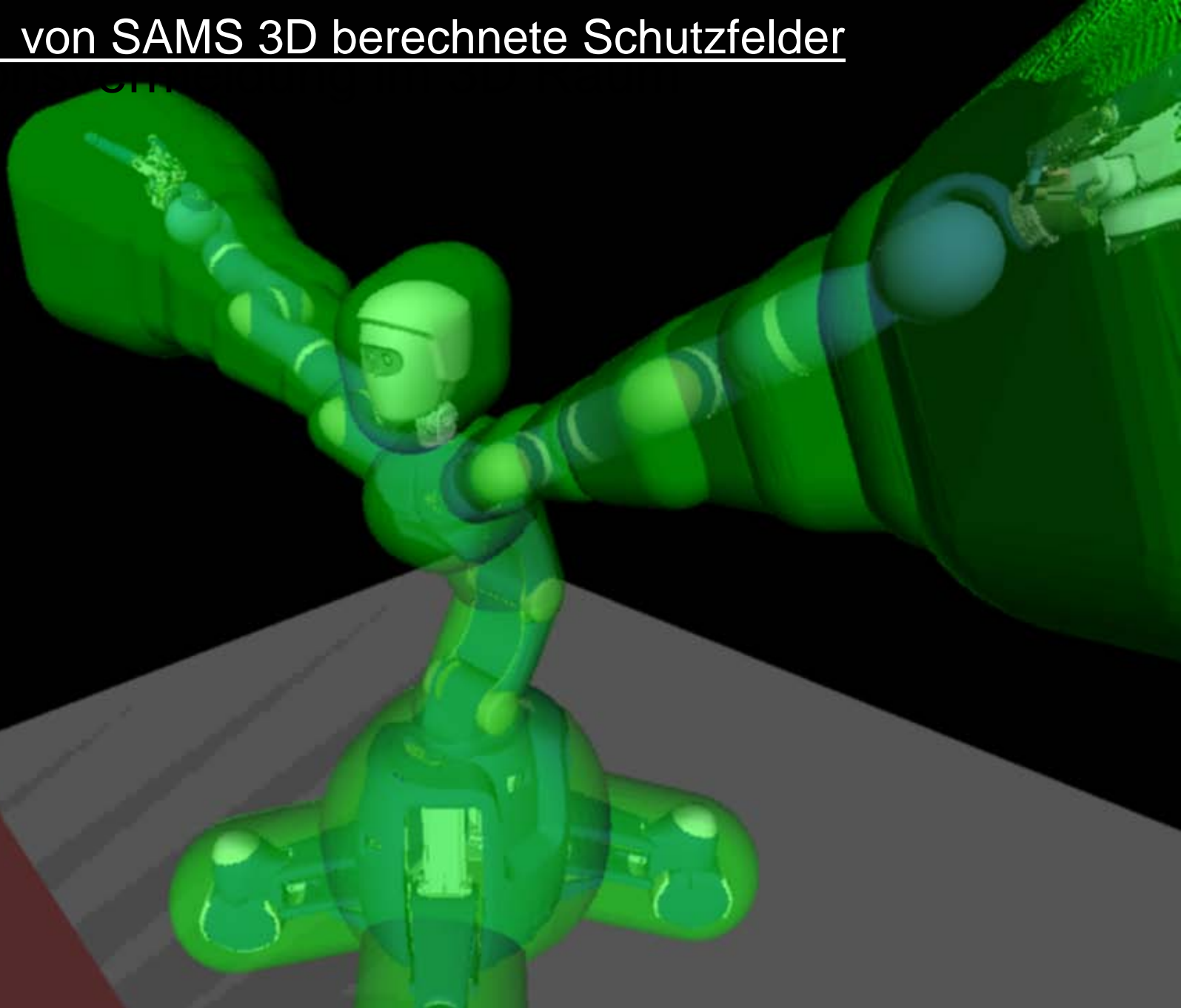


Effekt eines Drehgelenkes (Ordnung 1)

- Bogen wird durch Oval überdeckt
- Oval = k. Hülle von 2 Punkten plus Radius
- Algorithmus:
 - für alle Punkte:
 - gedreht/verschobenen Punkt berechnen
 - Radius berechnen
 - Punkte zusammenfassen
 - maximalen Radius nehmen



In Echtzeit von SAMS 3D berechnete Schutzfelder



Video Justin 3

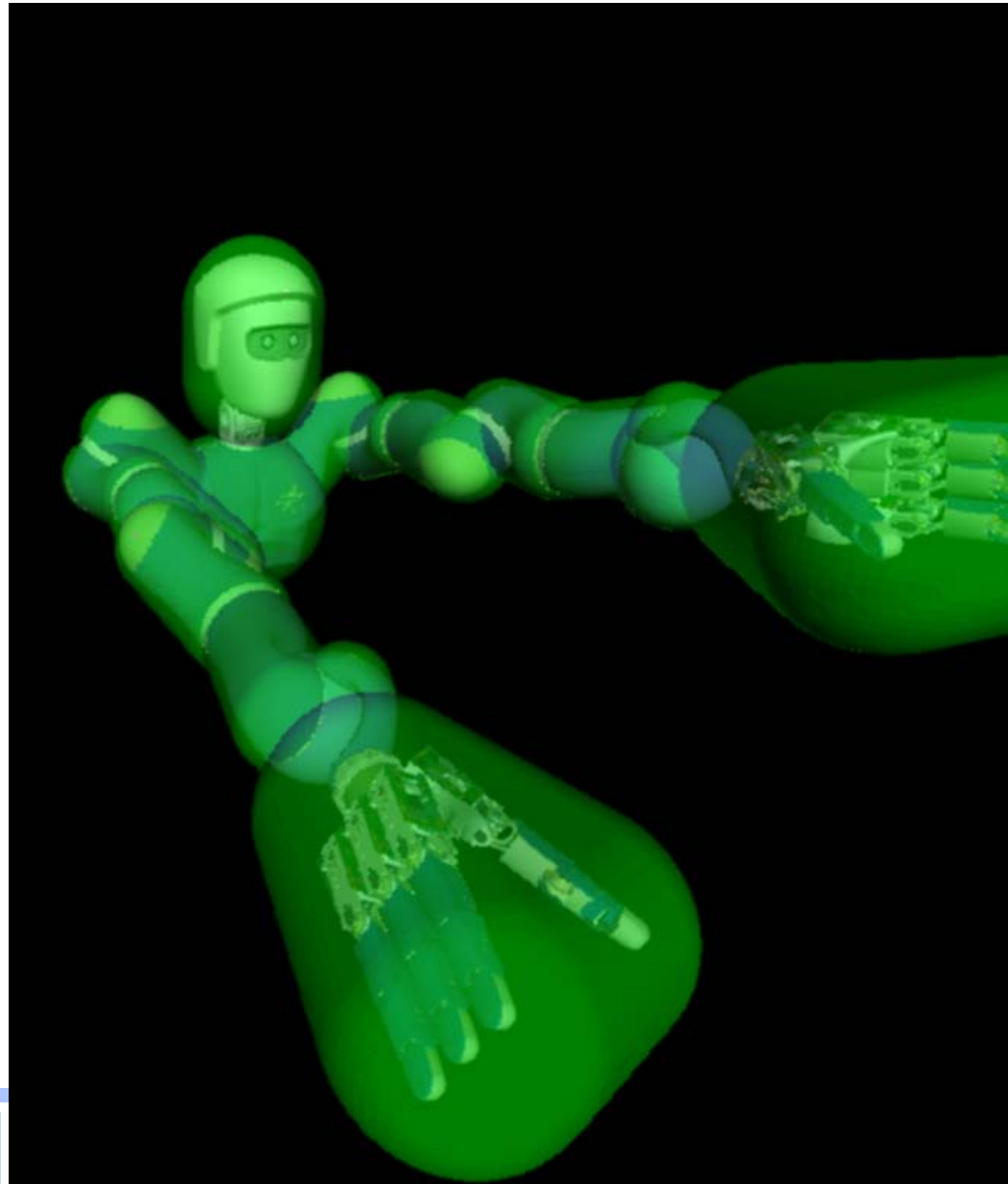
In Echtzeit von SAMS 3D berechnete Schutzfelder



Video Justin 4

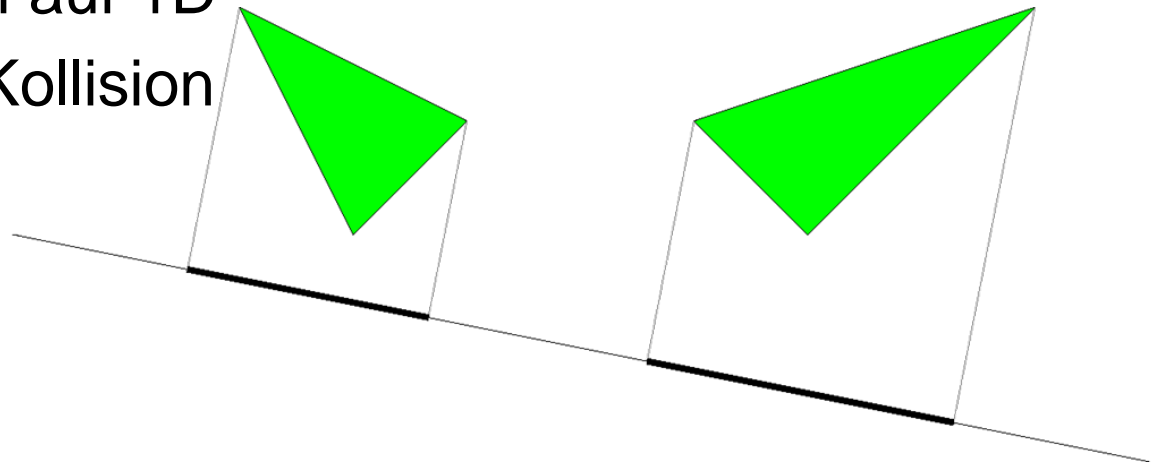
Kollisionstest im kinematischen Baum

- Für Kollisionstest zweier Körper
 - Schutzfeld im ersten gemeinsamen Koordinatensystem
 - weil Gelenke darunter sich auf beide gleich auswirken.



Distanzberechnung zwischen Schutzfeldern

- zur Vermeidung von Eigenkollision
 - Distanz zwischen konvexen Hüllen
 - Pufferradien abziehen
- bekannter GJK-Algorithmus
 - liefert in jeder Iteration untere Schranke für Distanz
 - durch Projektion auf 1D
- wenn $>0 \Rightarrow$ keine Kollision



Inkrementelle Distanzberechnung

- Tabelle unterer Schranken für jedes Paar von Körpern
- Distanz kann sich nur soviel verringern, wie Schutzzonen sich ändern
- Algorithmus:
 - subtrahiere Änderungen
 - iteriere GJK auf Paaren <0
 - iteriere GJK reihum (vorarbeiten)
- dadurch konstante Rechenzeit

- Beispiel: Anfangssituation

| | A | B | C | D |
|---|-----|-----|-----|-----|
| A | | 1 | 100 | 200 |
| B | 1 | | 1 | 100 |
| C | 100 | 1 | | 1 |
| D | 200 | 100 | 1 | |

Kollisionsvermeidung im 3D Raum

- Beispiel: Schutzfelder ändern sich

| | A ₁ | B ₂ | C ₁ | D ₁ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A ₁ | | 1 | 100 | 200 |
| B ₂ | 1 | | 1 | 100 |
| C ₁ | 100 | 1 | | 1 |
| D ₁ | 200 | 100 | 1 | |

- Beispiel: Schranken aktualisieren

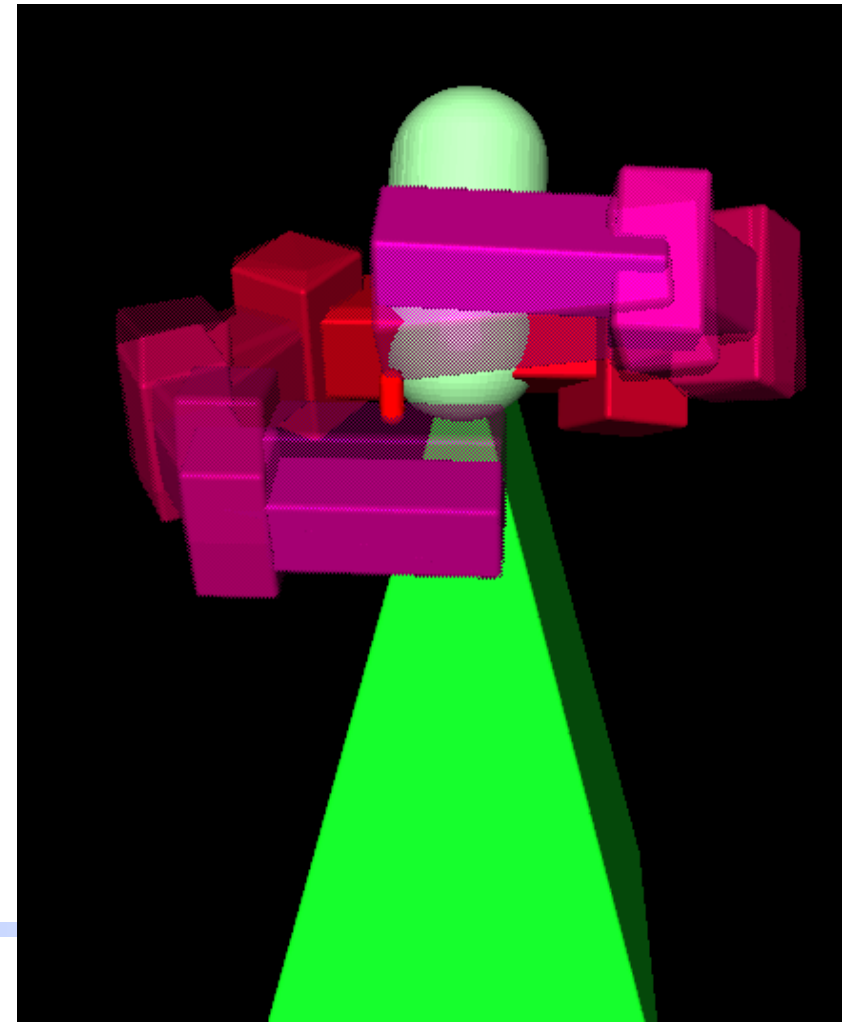
| | A ₁ | B ₂ | C ₁ | D ₁ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A ₁ | | -2 | 98 | 198 |
| B ₂ | -2 | | -2 | 97 |
| C ₁ | 98 | -2 | | -1 |
| D ₁ | 198 | 97 | -1 | |

- Beispiel: negative Schranken: GJK Iteration

| | A | B | C | D |
|---|-----|----|----|-----|
| A | | 1 | 98 | 198 |
| B | 1 | | 1 | 97 |
| C | 98 | 1 | | 1 |
| D | 198 | 97 | 1 | |

Kollisionsvermeidung im 3D Raum

- Anwendungsbeispiel 2: Zweiarmroboter SemProm (DFKI / Robotics Innovation Center)



Zusammenfassung & Ausblick

- Überstrichenes Volumen als Schutzfeld
- konvexe Hülle von n-Punkten plus Pufferradius
- Effekte der Gelenke sukzessiv einrechnen
- Vermeidung von Eigenkollisionen
 - GJK Algorithmus
 - Inkrementelle Aktualisierung
- Zum Patent angemeldet, für Forschung frei
 - Interessenten bitte melden!
- Zukunft: Vermeidung von Kollision mit Personen
 - Welcher Sensor?