

# Projektgruppenantrag

## 1 Thema

Antizipierende und taktisch spielende Fußballroboter

## 2 Zeitraum

Sommersemester 2022 und Wintersemester 2022/23

## 3 Veranstalter

Prof. Dr.-Ing. Uwe Schwiegelshohn  
Raum IRF 314  
*uwe.schwiegelshohn@udo.edu*

M.Sc. Arne Moos  
Raum IRF 301  
*arne.moos@udo.edu*

M.Sc. Aaron Larisch  
Raum IRF 311  
*aaron.larisch@udo.edu*

M.Sc. Diana Kleingarn  
Raum IRF 310  
*diana.kleingarn@udo.edu*

Institut für Roboterforschung  
Abteilung  
Informationstechnik

Institut für Roboterforschung  
Abteilung  
Informationstechnik

Institut für Roboterforschung  
Abteilung  
Informationstechnik

*www.irf.de, www.naodevils.de*

## 4 Aufgabe

Um in einer dynamischen Umwelt Entscheidungen treffen zu können müssen Fußballroboter autonom, mithilfe ihrer Wahrnehmung reagieren. Eine Verbesserung der Autonomie ist Gegenstand aktueller Forschung. Daher werden die Anforderungen an die Autonomie auch beim Roboterfußball als wichtiger, weltweit anerkannter Benchmark für KI-Systeme und autonome mobile Roboter zunehmend größer.

Zur Wahrnehmung stehen den Robotern diverse Sensoren und eingebaute Kameras zur Verfügung mit denen sie einen kleinen Ausschnitt des Spielfeldes wahrnehmen können. Diese Informationen werden analysiert und liefern zum Beispiel neue Positionen für Ball, eigene und gegnerische Spieler und erlauben eine Selbstwahrnehmung.

Um sich mit anderen Robotern absprechen zu können und auch Informationen aus ihrer Bildverarbeitung den anderen Robotern bereitzustellen, nutzen die Roboter derzeit WLAN, um einmal pro Sekunde ein Paket mit Informationen zu verschicken. Darin können Absprachen zur Rollenverteilung (wer geht zum Ball, wer ist Verteidiger, etc.) sowie auch die eigene Wahrnehmung (Ballposition, Roboterpositionen, etc.) enthalten sein.

Grundlage für die aktuelle Strategiekomponente sind anschließend komplexe Zustandsautomaten, die mit den Resultaten der eigenen Bildverarbeitung und den Daten der Mitspieler synchronisiert sind. Diese Informationen werden gefiltert und von Zustandsautomaten verarbeitet, die daraufhin die Aktionen der Roboter vorgeben.

Antizipation ist für den Menschen ein integraler Bestandteil des Alltags, um seine Umgebung besser einzuschätzen und auf dieser Basis Entscheidungen treffen zu können. Für Roboter



Abbildung 1: Roboterfußball in der SPL.

bedeutet dies eine besondere Herausforderung, die in der Vergangenheit durch digitale Kommunikation umgangen wurde. Da die Rahmenbedingungen im Roboterfußball schrittweise verändert und an die des menschlichen Fußballspiels angepasst werden, soll in Zukunft die digitale Kommunikation wegfallen und durch eine antizipierende Wahrnehmung kompensiert werden. Gleichzeitig soll die Interaktion zwischen Robotern dadurch nicht beeinträchtigt, sondern verbessert werden.

## 4.1 Anwendungsbereiche

Die internationale Initiative „RoboCup“<sup>1</sup> fördert diese Forschung und veranstaltet hierzu internationale Turniere, die allen Forschern die Möglichkeit geben, das Erreichte im direkten Vergleich zu testen und gemeinsam Fortschritte zu erzielen.

In der Standard-Platform-League<sup>2</sup> treten je fünf Roboter gleicher Bauart pro Team gegeneinander an. Unterschiede ergeben sich allein aus der Software.

Die Roboter der Firma SoftBank Robotics<sup>3</sup> vom Typ „Nao“ [1] (siehe Abbildung 1) haben eine humanoide Form mit zahlreichen Freiheitsgraden und besitzen eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren und Kameras, mit denen sie sich und ihre Umwelt wahrnehmen können.

## 4.2 Vorarbeiten

Der Projektgruppe steht ein umfangreiches, modulares und spielfähiges Software-Framework zur Verfügung, das bereits in den vergangenen Jahren erfolgreich in Turnieren eingesetzt wurde und als Basis genutzt wird [4].

In einer vorhandenen Simulationsumgebung [2] können außerdem entwickelte Algorithmen vorab getestet werden. Die Simulation basiert auf ODE<sup>4</sup> und es kann der komplette Roboter mit allen Sensoren simuliert werden. Zusätzlich stehen Nao-Roboter sowie ein großes Spielfeld zur Verfügung, die einen praxisnahen Entwicklungszyklus erlauben.

Auf den Robotern werden bereits Deep Learning basierte Verfahren verwendet, um Objekte wie Roboter oder Bälle durch eigens entwickelte Neuronale Netze zu erkennen. Auch die schnelle Inferenz von Neuronalen Netzen wurde in vergangenen Projektgruppen bereits umgesetzt und kann benutzt werden, um auch größere Neuronale Netze auf dem Roboter auszuführen. Dennoch ist die Prozessorleistung hierbei begrenzt, was eine zusätzliche Herausforderung darstellt.

Für die Entscheidungsfindung im Roboterfußball wird überwiegend ein heuristisches Verfahren eingesetzt. So wird die Entscheidungsfindung über handoptimierte Bäume aus Zustandsau-

---

<sup>1</sup><http://www.robocup.org>

<sup>2</sup><https://spl.robocup.org/>

<sup>3</sup><https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>

<sup>4</sup><https://www.ode.org>

tomaten realisiert. Dadurch ergeben sich allerdings statische Strukturen, die sich dem Gegner und der Umgebung nicht anpassen und Potential zur Verbesserung bieten.

In der Bewegungsplanung werden physikalische Modelle wie ein invertiertes Pendel und vordefinierte Trajektorien genutzt. Die Trajektorien sind statisch definiert und passen sich nicht den aktuellen Gegebenheiten an, weshalb eine situationsabhängige Anpassung Vorteile bietet.

### 4.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabe dieser Projektgruppe besteht in der Entwicklung eines Spielverhaltens welches ohne den digitalen Austausch von Informationen auskommt, sondern durch eine antizipierende Wahrnehmung gestützt wird.

Dazu sollen zunächst die bestehenden Bildverarbeitungs-, Bewegungsplanungs- und Modellierungskomponenten für diese Anforderung weiterentwickelt werden.

Als wichtige Details für die Bildverarbeitungskomponenten zählen in diesem Umfeld:

- **Freund-/Feind Erkennung:** Neben einer generellen Verbesserung der aktuellen Robotererkennung sollte diese um eine zuverlässige Teamzuordnung erweitert werden.
- **Richtungserkennung:** Die aktuelle Robotererkennung kann um eine Richtungserkennung erweitert werden um z.B. die Ausrichtung anderer Roboter erkennen zu können.
- **Ballerkennung:** Die Ballerkennung kann verbessert werden, um auch in schwierigen Situationen (z.B. am Rand des Kamerabildes oder bei verschwommenen Bildern) eine lokale Erkennung zu gewährleisten.

Als wichtige Details für die Bewegungsplanungskomponenten zählen in diesem Umfeld:

- **Schussdistanz:** Die Roboter sollten ihre Mitspieler durch einen präzisen Schuss, d.h. mit einstellbarer Richtung und Distanz, anspielen können.
- **Pfadanpassung und Kopfbewegung:** Da von den Mitspielern keine Hindernisse kommuniziert werden können, muss die Pfadplanung und Kopfbewegungsplanung ausschließlich auf die lokale Wahrnehmung fokussiert werden. Das heißt z.B., dass der Roboter nur dahin laufen sollte wo er auch hinschauen kann.

Als wichtige Details für die Modellierungskomponenten zählen in diesem Umfeld:

- **zeitliche Bezüge:** Die Roboter müssen explizit eine zeitliche Ordnung zwischen geschehenen, aktuellen und geplanten oder zukünftigen Spielsituationen und -zügen erkennen können. So sind die Roboter z. B. in der Lage ein Doppelpassspiel zu planen und auch durchzuführen.
- **räumliche Bezüge:** Roboter müssen ihre Position auf dem Spielfeld kennen und die Positionen von Ball, eigenen Spielern und gegnerischen Spielern in einen räumlichen Bezug bringen können. Beispielhaft muss ein Roboter erkennen können, ob sich der Ball vor oder hinter seinem Mitspieler befindet und diese Information bei der Planung künftiger Spielzüge auch benutzen können.
- **mögliche und notwendige Folgesituationen:** Bestimmte Spielsituationen und -züge entstehen zwangsläufig, z. B. wird sich der Ball nach einem Schuss auf einen freien Spielfeldteil auch in diese Richtung bewegen. Steht jedoch ein gegnerischer Spieler vor dem schießenden Roboter ist diese Ballrichtung nur eine mögliche Richtung, da der gegnerische Roboter die Rollrichtung des Balls beeinflussen kann (aber nicht muss).

## 5 Teilnahmevoraussetzungen

- Kenntnisse in objektorientierter Programmierung (Voraussetzung)
- Mindestens Grundkenntnisse in C++ (Voraussetzung)
- Grundkenntnisse des maschinellen Lernens und in Python (wünschenswert)

## 6 Minimalziele

Ein Team von mindestens 3 Robotern soll in der Lage sein, mithilfe von mindestens 2 Pässen den Ball von der eigenen Hälfte in das gegnerische Tor zu schießen. Dabei befinden sich auch mehrere Gegner auf dem Feld, die umspielt werden müssen, und es darf keine WLAN Kommunikation genutzt werden. Dafür wurde

- eine Freund/Feind Erkennung implementiert,
- ein einstellbarer Schuss entworfen,
- eine lokale Modellierung der erkannten Objekte entwickelt
- und ein darauf basierendes, antizipierendes Verhalten erstellt.

Zusätzlich ist ein Zwischen- und Endbericht anzufertigen sowie ein Fachgespräch am Ende der Projektgruppe durchzuführen.

## 7 Literatur

- [1] KALYANAKRISHNAN, SHIVARAM, TODD HESTER, MICHAEL QUINLAN, YINON BENTOR und PETER STONE: *pp. 140–152, Springer, 2010. Three Humanoid Soccer Platforms: Comparison and Synthesis.*
- [2] LAUE, T., K. SPIESS und T. RÖFER: *SimRobot - A General Physical Robot Simulator and Its Application in RoboCup.* In: BREDENFELD, A., A. JACOFF, I. NODA und Y. TAKAHASHI (Herausgeber): *RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX*, Nummer 4020 in *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 173–183. Springer; <http://www.springer.de/>, 2006.
- [3] LITKE, HANS-D: *Projektmanagement.* München, 2007.
- [4] SCHWARZ, INGMAR, OLIVER URBANN, AARON LARISCH und DOMINIK BRÄMER: *Team Report 2019.* Technischer Bericht, 2019. Verfügbar unter <https://github.com/NaoDevils/CodeRelease/blob/CodeRelease2019/TeamReport2019.pdf>.

## 8 Rechtliche Hinweise

Die Ergebnisse der Projektarbeit inkl. der dabei erstellten Software sollen dem Institut für Roboterforschung und der Fakultät für Informatik uneingeschränkt zur freien Forschung zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind keine Einschränkungen der Verwertungsrechte an den Ergebnissen der Projektgruppe und keine Vertraulichkeitsvereinbarungen vorgesehen.

## 9 PG-Realisierung

Der Gruppe wird Gelegenheit gegeben, den Projektzeitplan in Tabelle 1 im Anhang zu verfeinern und bei Bedarf, in Abstimmung mit dem Veranstalter, zu modifizieren. Die PG wird mit einem Blockseminar beginnen. Hierzu erhalten die Teilnehmer in der letzten Woche der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2021/2022 Themen für die Seminarvorträge und Hinweise auf relevante Literaturstellen. Das Seminar Anfang des Sommersemesters 2022 soll einerseits zur Einarbeitung in das zugrundeliegende Software-Framework des Roboterfußballs dienen und andererseits zur Einarbeitung in die drei relevanten Themengebiete (Bildverarbeitung, Bewegungsplanung und Modellierung) und das Verhalten. Zudem wird das Seminar genutzt, um einen Überblick über den aktuellen Stand zu erlangen. Während der Seminarphase finden weiterhin praktische Übungen statt, in denen die Teilnehmer den Umgang mit dem Robotik-Framework erlernen. Das interne Projektmanagement der PG wird von den Teilnehmern selber gestaltet. Hierzu wird es entsprechende Seminarthemen geben [3].

In der 14. KW beginnt die PG mit der Einarbeitung in die Struktur der bestehenden Komponenten und entwickelt erste Verbesserungsansätze, die für ein antizipierendes Verhalten geeignet sind. Dazu sollte bereits ein Überblick über ein mögliches Verhalten entwickelt werden. Anschließend ab der 21. KW implementiert die PG die gewählten Lösungsansätze. Die Planung und Implementierung erfolgt dabei komponentenweise in kleineren Untergruppen, die sich regelmäßig untereinander austauschen und an einer gemeinsamen Verhaltensbasis arbeiten.

Bis zum Ende des ersten PG-Semesters wurden Grundlagen für ein darauf aufbauendes Verhalten entwickelt, die bereits für den Zwischenbericht in einer ersten Evaluation ausgewertet werden.

Zu Beginn des zweiten Semesters werden letzte Anpassungen an den Komponenten beendet und mit einer detaillierteren Verhaltensplanung begonnen. Anschließend wird das Verhalten implementiert und kontinuierlich in der Simulation und auf den Robotern getestet.

Die Projektgruppe wird abgeschlossen mit einer Evaluation sowie einem Endbericht, in dem die Arbeit der PG dokumentiert wird, sowie mit einem Fachgespräch, in dem die Projektergebnisse dem Fachbereich öffentlich bekannt gemacht werden. Während der gesamten Projektarbeit wird großer Wert auf selbständige Projektorganisation und projektbegleitende Dokumentation gelegt.

## 10 Erweiterungsmöglichkeiten

Im Hinblick auf die anzupassenden Komponenten können ebenfalls weiterführende Entwicklungen eingebracht werden, die die generellen Fähigkeiten der Roboter verbessern (siehe Kapitel 4.3, z.B. Richtungserkennung).

## 11 Beantragung von Ressourcen

Es werden keine Ressourcen beantragt. Das LIDO-Cluster kann innerhalb der Universität zum Trainieren der Lernverfahren wie auch in vergangenen Projektgruppen genutzt werden.

## 12 Lehrverpflichtung der Betreuer

Für die Betreuung der Projektgruppe sind folgende Anzahl Stunden von der Lehrverpflichtung der jeweiligen Betreuer vorgesehen:

- Prof. Dr.-Ing. Uwe Schwiegelshohn: 0 Stunden

- M. Sc. Arne Moos: 2,33 Stunden
- M. Sc. Aaron Larisch: 2,33 Stunden
- M. Sc. Diana Kleingarn: 2,33 Stunden

Zeitraum	Arbeitsphase	Arbeitsziele
11. oder 12. KW	Seminarphase	Aneignung Grundwissen
14. - 20. KW	Planungsphase	Untersuchung/Einarbeitung der aktuellen Struktur und Erarbeitung von Verbesserungsansätzen für ein antizipierendes Verhalten
21. - 32. KW	Realisierung	Optimierung/Implementierung der Komponenten (Bildverarbeitung, Bewegungsplanung, Modellierung)
33. - 34. KW	Evaluation	Evaluation der verbesserten Komponenten
35. - 39. KW	Bericht	Zwischenbericht
40. - 41. KW	Verhaltensplanung	Entwurf eines Verhaltens auf Basis der implementierten Grundlagen
42. - 51. KW	Implementierung	Implementierung (und Testen) des Verhaltens
02. - 05. KW 2023	Evaluation	Evaluation des Verhaltens
06. KW - Ende WS	Endbericht	Erstellung, Revision, Planung PG-Präsentation, Fachgespräch

Tabelle 1: Zeitplan zur Realisierung der im Antrag dargestellten Projektgruppenziele