

Computational Geometry angewandt auf die Fussballtheorie



Ideen für Forschungsprojekte

Kurzzusammenfassung

Das vorliegende Dokument richtet sich an Studierende der Computational Geometry. Es enthält Forschungsprojekt-Vorschläge verschiedener Komplexität zur Anwendung der Computational Geometry auf die sogenannte Fussballtheorie. Diese Theorie postuliert, dass Fussball nicht ein Spiel ist, sondern zwei Spiele, die in einer scheinbaren Einheit nebeneinander bestehen. Einerseits gibt es das **Spiel mit dem Ball**, welches für jedermann sichtbar ist. Es umfasst die Ballbehandlung, die Duelle um den Ball sowie alle Fortbewegungen der Angreifer und Verteidiger auf dem Platz, welche den beabsichtigten Spielzug unterstützen bzw. verhindern. Es ist der schwierige Teil des Fussballspiels. Andererseits gibt es das **Deckungsspiel**, welches aus verschiedenen Gründen für alle Beteiligten verborgen bleibt. Dieses Spiel ist der eigentliche Forschungsgegenstand der Fussballtheorie. Dabei geht es um die geometrische Ordnung des Spiels, nach der sich alle Spieler richten sollten, weil sie zum Wesen des Fussballspiels gehört. Das Deckungsspiel ist der einfache Teil des Fussballspiels. Allerdings wird es vom Spiel mit dem Ball überblendet. Deshalb ist es zur Durchführung der Projekte nicht Bedingung, Fussballkenner zu sein. Als Fussballlaie ist man nämlich von den Vorurteilen verschont, welche die einseitige Betrachtung des Spiels mit dem Ball verursacht.

Version: 1.0 german
Ausgabe: Februar 2001
Herausgeber: research@soccertheory.com

Inhaltsverzeichnis

1 PROBLEMBEREICH	3
1.1 WORUM ES GEHT: DIE FUSSBALLTHEORIE	3
1.1.1 DER GRÜNDER DER THEORIE	3
1.1.2 DAS DECKUNGSSPIEL	3
1.1.3 DIE ABSEITS-REGEL	4
1.1.4 DIE STRATEGIE	4
1.1.5 DIE FORSCHUNG	5
1.2 WORUM ES NICHT GEHT	5
1.2.1 ANALYSE VON SPIELSZENEN	5
1.2.2 SIMULATIONEN, FORSCHUNG DER TEAM-ARBEIT	6
1.2.3 SPIELTHEORIE NACH J. VON NEUMANN	6
2 RAHMENBEDINGUNGEN	7
2.1 ZWECK DER PROJEKTE	7
2.2 AUFTRAGNEHMER	7
2.3 AUFTRAGGEBER	7
2.4 NUTZNIESSER	7
2.5 DURCHFÜHRUNG	7
2.6 KOORDINATION	7
3 PROJEKT-IDEEN	8
3.1 IDEE 1: INTERAKTIVES SPIELFELD	8
3.1.1 ZWECK UND NUTZER	8
3.1.2 FUNKTIONEN UND DATEN	8
3.1.3 BEDIENUNGSOBERFLÄCHE	8
3.1.4 PORTIERBARKEIT UND ERWEITERBARKEIT	9
3.2 IDEE 2: VERTEIDIGUNGSSTRATEGIE	9
3.2.1 POSITIONIERUNG BEZÜGLICH ZUGEWIESENEN GEGNER	9
3.2.2 DYNAMISCHE GEGNERZUWEISUNG	9
3.2.3 VERGLEICH ZWISCHEN FIXER UND DYNAMISCHER ZUWEISUNG	9
3.2.4 VERALLGEMEINERUNGEN, QUERVERGLEICHE	10
3.3 IDEE 3: ANGRIFFSSTRATEGIE	10
3.4 IDEE 4: ABSCHAFFUNG DER ABSEITSREGEL	10
3.5 IDEE 5: BRETTSPIEL	10
4 REFERENZEN	11
4.1 HAUPTREFERENZEN	11
4.1.1 BÜCHER	11
4.1.2 WEB-LINKS	11
4.2 ERGÄNZUNGSREFERENZEN	11
4.2.1 BÜCHER	11
4.2.2 PAPERS	11
4.2.3 WEB-LINKS	11
4.3 GLOSSAR	12

1 Problembereich

Zur Forschung der Fussballtheorie eignet sich die Betrachtung von Punktmengen in der zweidimensionalen Ebene. Im Gegensatz zur klassischen Computational Geometry wird realistischere eine endliche Anzahl Punkte betrachtet. Genau genommen sind es zwei Punktmengen (zwei Mannschaften), welche unterschieden werden. Dies könnte zu einem schönen Teilgebiet der Computational Geometry führen, das von Problembereichen wie «closest opponents» oder «k-nearest opponents» (siehe Abschnitt 3.2.2) handeln würde.

1.1 Worum es geht: Die Fussballtheorie

Die Fussballtheorie untersucht die Hypothese, dass Fussball nicht ein Spiel ist, sondern zwei Spiele, die in einer scheinbaren Einheit nebeneinander bestehen. Einerseits gibt es das **Spiel mit dem Ball**, welches für jedermann sichtbar ist. Es umfasst die Ballbehandlung, die Duelle um den Ball sowie alle Fortbewegungen der Angreifer und Verteidiger auf dem Platz, welche den beabsichtigten Spielzug unterstützen bzw. verhindern. Es ist der schwierige Teil des Fussballspiels. Andererseits gibt es das **Deckungsspiel**, welches aus verschiedenen Gründen für alle Beteiligten verborgen bleibt. Letzteres ist der eigentliche Forschungsgegenstand der Fussballtheorie.

Folgende **Analogie** zur Kunstmalerei möge diese Dualität illustrieren: Die lineare Perspektive bringt eine geometrische Ordnung in Gemälden, die unbewusst und unbeholfen wäre, hätte man sie nicht wissenschaftlich erforscht. Eine unbeholfene Perspektive führt zu unschönen Bildern. Gleichermassen führt ein unbeholfenes Deckungsspiel zu unschönen Fussballspielen.

In den folgenden Abschnitten wird die Fussballtheorie kurz zusammengefasst. Für eine vollständige Darstellung der Fussballtheorie sei auf die Bücher des Gründers (siehe 4.1.1) sowie auf die Website www.soccertheory.com, welche in mehreren Sprachen erscheint, verwiesen.

1.1.1 Der Gründer der Theorie

Die Fussballtheorie wurde durch Ricardo Olivós Arroyo gegründet. Er wurde 1910 in Valverde del Camino, in der spanischen Provinz Huelva, geboren. Er konnte praktisch die ganze Entwicklung des Fussballs als Spieler oder Zuschauer verfolgen und dank seinem Scharfsinn seine Fussballtheorie entwickeln, deren Hypothese für alle Fussballzeiten gilt. Von Beruf Rechtsanwalt, hat er in der Freizeit Bücher über die Theorie geschrieben und standhaft versucht, sie in der Fussballgemeinschaft bekannt zu machen.

1.1.2 Das Deckungsspiel

Das Deckungsspiel gehört zum Wesen des Fussballspiels. Es geht darum, auf immaterielle Art und Weise den kollektiven Angriff von vielen, die sich den Ball einander zuspieren, zu einem individuellen Angriff zu reduzieren. Das Deckungsspiel verlangt eine geometrische Ordnung im Spiel, nach der sich alle Spieler *strategisch* richten sollten. Das Deckungsspiel ist der einfache Teil des Fussballspiels. Allerdings wird es vom Spiel mit dem Ball überblendet, welches taktischer Natur ist. So ist das Deckungsspiel in der Geschichte des Fussballs für alle Beteiligten verborgen geblieben. In der Geschichte des Fussballs entstehen die Methoden des Deckungsspiels unbewusst durch Versuch und Irrtum im Laufe der Jahre, was zu langen *unkultivierten* Zeitperioden führt.

1.1.3 Die Abseits-Regel

Fussball wurde durch Erfahrung reglementiert. Im 19. Jahrhundert kristallisierten aus unzähligen Spielen die einfachen Regeln, die das Fussballspiel definieren. Von den Regeln, die im ersten Reglement von **1863** aufgenommen wurde, ist wegen ihrem strategischen Charakter die Abseits-Regel hervorzuheben. Sie lautete: «Ein Spieler ist im Abseits, wenn er sich beim Zuspiel eines Kollegen näher zur gegnerischen Grundlinie befindet als der Ball». Obwohl dies niemandem bewusst war, war diese Regel massgebend für das Deckungsspiel. Daraus folgt nämlich, dass die Spieler der ballbesitzenden Mannschaft sich den Ball nicht beliebig hin und her zuspielen können. Es ist eine Art und Weise, den kollektiven Angriff zum individuellen Angriff zu reduzieren, was der Witz des Deckungsspiels ist (siehe 1.1.2).

Die ursprüngliche Abseitsregel war für die angreifende Mannschaft streng. Der Ballführende musste gegen zehn Verteidiger kämpfen, um den Ball nach vorne zu bringen. Zur Milderung der Abseitsregel wurde sie im Reglement von **1866** folgendermassen neu definiert: «Ein Spieler ist im Abseits, wenn er sich beim Zuspiel eines Kollegen näher zur gegnerischen Grundlinie als der Ball und der drittletzte Gegner befindet». Im Gegensatz zur ursprünglichen Abseitsregel war diese neue Regel zuvor nie erprobt worden. Seine Auswirkungen auf die Spielweise waren auch nicht theoretisch untersucht worden. So leitete seine Einführung eine neue lange Lernphase ein, wo die neue Methoden des Deckungsspiels mit Versuch und Irrtum entdeckt werden mussten.

Weil in den englischen Profi-Ligen eine ausgeklügelte Abseitsfalle die Attraktivität des Fussballs minderte, wurde **1925** die Abseitsregel wieder entschärft: «Ein Spieler ist im Abseits, wenn er sich beim Zuspiel eines Kollegen näher zur gegnerischen Grundlinie als der Ball und der vorletzte Gegner befindet». Dies ist die Abseitsregel, die im wesentlichen noch gegenwärtig gilt. Wie ihre Vorgängerin war diese Regel weder praktisch noch theoretisch geprüft worden. Wiederum galt es, die entsprechenden Methoden des Deckungsspiels auf Geratewohl herauszufinden.

1.1.4 Die Strategie

Die Strategie des Fussballs besteht aus grundsätzlichen Entscheiden über Wahl und Ordnung der Spielzüge, die für jedes Spiel und gegen jede Mannschaft gelten. Sie gibt die Lösung zu den folgenden wesentlichen Herausforderungen des Fussballspiels:

- Beim Verteidigen jeden Gegner decken.
- Beim Angreifen den aufs Tor Schiessenden freistellen und ihm den Ball zukommen lassen.

Die strategischen Methoden wurden durch die Abseitsregeln von 1863 und 1866 ausschlaggebend beeinflusst. Sie führten zu je einem entsprechend System im Gleichgewicht:

- Die Regel von 1863 zwang zu einem ballorientierten System: dem antiken System.
- Bedingt durch die Regel von 1866 entstand ein zonenorientiertes System: das klassische System.

Erst als sich die oben genannten Systeme durchsetzten, wusste jeder Spieler, was er tun musste. Jeder kannte seine Position auf dem Spielfeld. Verteidigung und Angriff waren geordnet.

1925 wurde die Abseitsregel zur gegenwärtig geltenden Version umgestaltet. Das klassische System verlor sofort seine Berechtigung. Ein neues modernes System zur Lösung der strategischen Herausforderungen hat aber nach all diesen Jahrzehnten noch keine scharfe Konturen angenommen. Dies ist darauf zurückzuführen:

- dass die Abseitsregel von 1925 zum Lösen des Deckungsspiels nicht relevant ist, im Gegensatz zu ihren Vorgängerinnen

- dass das strategische Deckungsspiel nicht beachtet wird. Die Fussballwelt konzentriert sich auf das Spiel mit dem Ball, welches taktischer Natur ist. Im Gegensatz zur Strategie entscheidet die Taktik pragmatisch, je nach konkreter Spiellage.

Das Fehlen eines Systems in der modernen Epoche führt zu Unstabilität. Viele Spiele verlaufen für Spieler und Zuschauer unbefriedigend, während einige Spiele unerklärlich hervorragend gelingen. Die Fussballtheorie postuliert, dass sich in der modernen Epoche irgendwann ein neues System im Gleichgewicht durchdrängen muss, wie dies schon früher im Fall des antiken und des klassischen Systems geschehen ist.

Das antike System richtete sich nach dem Ball. Das klassische System richtete sich nach Zonen. Nach was muss sich das noch nicht entdeckte moderne System richten? Die Fussballtheorie will beweisen, dass sich im modernen System jeder Spieler nach einem anderen Gegenspieler richtet. Zu diesem Zweck will sie erforscht werden.

1.1.5 Die Forschung

Die Fussballtheorie ahnt die ordnende, geometrische Seite des Fussballs. Die Bücher von Ricardo Olivós Arroyo sind ein grober Anfang in die richtige Richtung. Aber ohne die Zusammenarbeit mit der Computergeometrie wird es die Fussballtheorie nicht schaffen, das Deckungsspiel wissenschaftlich zu beherrschen.

1.2 Worum es nicht geht

Die Fussballtheorie zeigt, dass es nach einer strategisch wesentlichen Regeländerung viele Jahre vergehen, bis allmählich die richtigen Methoden des Deckungsspiels kristallisieren. Es gibt sehr lange Zeitperioden, wo das Spiel *unkultiviert* abgewickelt wird. Aus diesem Grund ist es zur Forschung des Deckungsspiels nicht sinnvoll, empirische **Auswertungen** von Spielen aus unkultivierten Zeitperioden, die gegenwärtig noch andauern, durchzuführen.

Ausserdem geht es nicht darum, **Taktik** zu untersuchen, d.h. das Verhalten während des Spiels als Antwort auf eine konkrete, ballbezogene Spielsituation. Die Fussballtheorie beschränkt sich auf die Untersuchung der Strategie, die in jedem Spiel gültig ist, weil sie zum Wesen des Spiels gehört.

In den folgenden Abschnitten werden kurz Richtungen der Fussballforschung beschrieben, die auf empirische Analysen basieren und vorallem taktische Aspekte des Fussballs durchleuchten.

1.2.1 Analyse von Spielszenen

Zur Sammlung und zur wissenschaftlichen Analyse von Spieldaten wird recht viel Aufwand getrieben. Vermehrt werden dafür **multimediale** Hilfsmittel eingesetzt. Zum Beispiel benutzte 1998 die Nationalmannschaft von Frankreich gewinnbringend ein solches System namens Amisco, um Weltmeister zu werden.

Zur Steigerung der Effizienz der Analysen sind **Notationssysteme** entwickelt worden, wobei hier die Arbeiten von M.Hughes und I. Franks (siehe 4.2.2) hervorzuheben sind.

Eine solide Tradition haben **systemische** Ansätze zur Analyse und Modellierung des Fussballspiels. Die Bücher von Gréhaigne und Castelo (siehe 4.2.1) bieten hierzu gute Einführungen an. Solche Systemmodelle verwenden teilweise geometrische Hilfsmittel, wie z.B. den Spielraum (konvexe Hülle) und die Trägheitsachsen von Gréhaigne oder die Schwerpunktberechnung von Winkler (siehe 4.2.3).

1.2.2 Simulationen, Forschung der Team-Arbeit

Nebst den Fussball-Videospielen ist im Bereich Simulationen der Forscher-Wettkampf *Robocup* (www.robocup.org) zu erwähnen. Dieser internationale Wettkampf bietet Forschern der künstlichen Intelligenz die Möglichkeit, anhand des Fussballspiels Robotik sowie Modelle des Kollaborationsverhaltens zu untersuchen. Der Wettkampf wird in zwei Modalitäten ausgetragen: Roboterspiel oder reine Simulation.

Im Bereich der Forschung von Team-Arbeit während Mannschaftsspielen sind die Untersuchungen von T. Taki et al. (siehe 4.2.2) hervorzuheben.

1.2.3 Spieltheorie nach J. von Neumann

Palomino et al. (siehe 4.2.2) haben Fussball vom wettbewerbslogischen Standpunkt aus, nach der Spieltheorie von J. von Neumann, untersucht. Sie setzen voraus, dass das Verhalten einer Mannschaft vom momentanen Spielzustand (Zwischenresultat, verbleibende Zeit) abhängt. Sie haben ein entsprechendes mathematisches Modell konstruiert und es mit den Daten von fast 3000 Matches aus Profi-Ligen verifiziert.

Diese interessante Untersuchung hat natürlich nichts mit der geometrischen Seite des Fussballspiels zu tun.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Zweck der Projekte

Die Projekte verfolgen das Ziel, der Fussballtheorie ein computergeometrisches Fundament zu geben. Sie müssen helfen, die Hypothese der Fussballtheorie zu beweisen oder zu verwerfen.

2.2 Auftragnehmer

Auftragnehmer sind Studenten und andere Forscher der Computational Geometry oder eines verwandten Gebiets, welche die Projekte als Bestandteil ihrer Studien- oder Forschungsprogramme durchführen.

2.3 Auftraggeber

Die Rolle des Auftraggebers kann

- ein akademisches Sportinstitut
- eine nationale oder internationale Fussballinstitution
- www.soccertheory.com (research@soccertheory.com) übernehmen.

2.4 Nutzniesser

Als wichtigste Nutzniesserin dieser Projekte ist in erster Linie die ganze Fussballgemeinde zu nennen. Man kann nicht genug betonen, dass das Deckungsspiel aus historischen Gründen verschwommen bleibt, wodurch viele Spiele unbefriedigend verlaufen. Die Projekte sind wichtige Stützen der Fussballtheorie: als computergeometrisches Fundament und als Aufklärungsmittel. Eine wichtige Kategorie von Nutzer sind die Techniker des Fussballs (Trainer, Fussballlehrer), welche einseitig das Spiel mit dem Ball sowie modische Taktiken folgen.

2.5 Durchführung

Die Projekte werden gemäss den Gepflogenheiten und Qualitätsmassstäben der Forschungsinstitute und der Wissenschaftsgemeinde durchgeführt.

2.6 Koordination

Die diversen Projekte werden durch die üblichen Kanälen der Forschung verwaltet. Zudem bietet sich www.soccertheory.com an, um eine Koordinationsrolle zu übernehmen:

- * Projekte ausschreiben
- * Auftraggeber und Auftragnehmer vermitteln
- * Stand der Projekte veröffentlichen
- * Projektberichte veröffentlichen
- * Forum unterhalten.

Die wissenschaftliche Koordinationsrolle sollte früher oder später von einem oder mehreren Forschungsinstituten, welche sich schwergewichtig in seinen Studienprogrammen diesem Gebiet widmen, übernommen werden. Ideal dabei wäre die Einrichtung einer Website www.soccertheory.org (analog www.robocup.org, siehe Abschnitt 4.2.3), welche die ganze wissenschaftliche Seite übernehmen würde, während www.soccertheory.com weiterhin die Popularisierung der Fussballtheorie anstreben würde.

3 Projekt-Ideen

Die hier vorgestellten Projektideen sind aufsteigend nach Komplexität sortiert. Natürlich können sie je nach Umständen kombiniert, erweitert oder sonst angepasst werden.

3.1 Idee 1: Interaktives Spielfeld

Das Haupt-Ergebnis des Projekts «Interaktives Spielfeld» ist ein Spielfeld, wo die wesentlichen Elemente der Fussballtheorie, des Deckungsspiels, veranschaulicht werden können. Dieses Spielfeld wird in Interaktion mit dem Computer bedient.

3.1.1 Zweck und Nutzer

Das grafische Anwendungsprogramm dient

⇒ zur dynamischen Veranschaulichung von Spielsituationen rein aus der Sicht der Fussballtheorie, des Deckungsspiels.

⇒ als Framework für andere Projekte, zur Einbettung der Forschungsergebnisse.

Das Programm wird

- als Freeware, zur Popularisierung der Fussballtheorie
- als open source Programm, für weitere Forschungsprojekte verfügbar gemacht.

3.1.2 Funktionen und Daten

Das System verwaltet zwei Mannschaften mit einer beliebigen Anzahl Spieler. Das System lässt die Abseitsregel wählen: 1863, 1866, 1925 oder keine. Das System kennt die entsprechende Verteidigungszone sowie die Aktivzone. Für jeden Angreifer weiss es, ob er sich in diesen Zonen befindet.

Ein Zustand im System ist eine Spielszene, wo

- die Position jedes Spielers beider Mannschaften
- und die Position und Besitz des Balls

festgehalten wird.

Für jeden Spieler gibt es eine maximale Laufgeschwindigkeit. Der Übergang zum nächsten Zustand bedeutet, dass eine bestimmte Zeitspanne (z.B. 10 Sekunden) verstrichen ist. Ein neuer Zustand wird definiert

- mittels Neuplatzierung des Balls durch den Benutzer.
- mittels Bewegung der Spieler beider Mannschaften, manuell durch den Benutzer oder automatisch nach der Berechnung einer im System implementierten Verteidigungs- oder Angriffsmethode.

Nützliche Funktionen wären die Speicherung von Szenen und das Abspielen von Szenenfolgen.

3.1.3 Bedienungsoberfläche

Die Computer-Kenntnisse der Benutzer können sehr verschieden sein. Die Bedienungsoberfläche muss deshalb ergonomisch optimal gestaltet sein. Sie muss auch Mehrsprachigkeit unterstützen.

Folgende Aspekte müssen permanent oder nach Abruf sichtbar sein:

- aktuelle Verteidigungszone (je nach Abseitsregel)
- aktuelle Aktivzone
- Angreifer ist im Offside (in der Verteidigungszone)
- Angreifer ist in Aktivzone

- Bewegungskreis jedes Spielers (für eine bestimmte Zeitspanne)

Zudem müssen Aspekte aus anderen Projekten visualisiert werden wie

- Zuweisungen (Deckungspaare, siehe Projekt-Idee 2)
- Für jeden Angreifer Ungedecktheitsgrad (siehe Projekt-Idee 3)

Die Bedienungsoberfläche lässt dem Benutzer Spieler und Ball bewegen. Sie lässt ihm anfänglich die Abseitsregel sowie entsprechende Verteidigungs- oder Angriffsstrategien wählen. Sie lässt ihm den Übergang zum nächsten Zustand mittels Knopfdruck signalisieren.

3.1.4 Portierbarkeit und Erweiterbarkeit

Das Anwendungsprogramm muss auf Computer von Forschungsinstituten aber auch auf Heimcomputer lauffähig sein. Das System muss flexibel und ausbaubar sein, damit andere Projekte eingebettet werden können. Dies wird erreicht dank

- * einem soliden Klassenmodell
- * der Wahl von Standard-Libraries, -Schnittstellen und -Programmiersprachen
- * dem Einsatz von Design-Patterns wie z.B. das Strategie-Pattern

3.2 Idee 2: Verteidigungsstrategie

Bei der Projektidee «Verteidigungsstrategie» geht es darum, die Verteidigungsstrategie, wie sie von der Fussballtheorie postuliert wird, anhand computergeometrischer Strukturen und Algorithmen zu definieren. Dabei ist vor allem die Strategie des modernen Systems (nach der Abschaffung der Abseitsregel von 1866) zu beleuchten.

3.2.1 Positionierung bezüglich zugewiesenen Gegner

Zur Deckung im modernen System erhält jeder Feldspieler einen Gegner zugewiesen. Zum Decken stellt sich der Spieler näher zur eigenen Grundlinie als der zugewiesene Gegner, um diesem im Weg zu stehen. Nun gilt es, geeignete Methoden zu prüfen, welche die günstigste Positionierung (Abstand, Richtung zur Grundlinie) ausrechnen. Mögliche Lösungen sind:

- Verbindungslinie zwischen deckendem Spieler und Gegner ist senkrecht zur Grundlinie.
- Verbindungslinie zwischen deckendem Spieler und Gegner schneidet Tormitte.
- Deckungsabstand ist proportional zur Entfernung des Gegners von der Grundlinie, d.h. je weiter der Gegner vom angegriffenen Tor entfernt ist, desto grösser ist der Deckungsabstand.
- Die Positionierung ist abhängig von der Angriffsstrategie des Gegners. Dies wäre eine komplexe Untersuchung, welche mit der Projektidee 3 verbunden wäre.

3.2.2 Dynamische Gegnerzuweisung

Die Zuweisung, welcher Spieler welchen Gegner deckt, könnte anhand der Nähe und unter Optimierung der Laufwege entschieden werden. Dies eröffnet die Definition einer Reihe von neuen Problemstellungen wie z.B. «closest opponents», «nearest opponent» oder «k-nearest opponents», welche zur Lösung der dynamischen Gegnerzuweisung beitragen würden.

3.2.3 Vergleich zwischen fixer und dynamischer Zuweisung

Im modernen System ist die einfachste Art der Deckung, dass die Gegnerzuweisung von Anfang bis Schluss des Spiels fix bleibt. Diese Art von Deckung wäre mit der dynamischen Deckung, so wie sie in Abschnitt 3.2.2 suggeriert ist, hinsichtlich Effizienz zu vergleichen.

3.2.4 Verallgemeinerungen, Quervergleiche

Nebst dem Fussballspiel gibt es andere Deckungsspiele, wie z.B. Basketball oder Handball. Ein interessanter Aspekt ist, von der computergeometrischen Perspektive aus zu untersuchen, welche Zusammenhänge zwischen

- * Zonen, wo das Betreten beschränkt ist (Abseitszone, Torraumzone)
- * und Gegnerzuweisung

als Mittel zur Deckung der gegnerischen Mannschaft bestehen.

Ein weiterer Nebenaspekt der Verteidigungsstrategie ist die Ueberlegung, ob der Torhüter im gleichen Sinn wie die Feldspieler auch Deckungsarbeit macht. Ist er nicht bestrebt, den «schmerzlichsten» Pass zu verhindern, den Pass ins Tornetz (=Gegentreffer)? Ohne Torhüter gäbe es ja viel mehr Tore, wie dies im Basketball zu beobachten ist. Nun wäre zu untersuchen, ob der Torhüter im Sinne der Fussballtheorie deckt oder nicht. Heisst decken nur «dem Gegner im Weg stehen können» oder auch «Vorwärtspässe verhindern»?

3.3 Idee 3: Angriffsstrategie

Bei der Projektidee «Angriffsstrategie» geht es darum, die Angriffsstrategie, wie sie von der Fussballtheorie postuliert wird, anhand computergeometrischer Strukturen und Algorithmen zu definieren. Was heisst «den abschliessenden Spieler freistellen»? Was heisst «dem abschliessenden Spieler den Ball übergeben?». Dabei ist vor allem die Strategie des modernen Systems (nach der Abschaffung der Abseitsregel von 1866) zu betrachten.

Grundlage der Strategie wäre ein gerichteter **Graph**, mit den Spielern der ballbesitzenden Mannschaft als Knoten. Eingehende Pfeile wären die Möglichkeiten, den Ball zu bekommen. Ausgehende Pfeile wären die Möglichkeiten, den Ball weiterzuspielen. Diese Passmöglichkeiten wären zu gewichten. Als Extremfälle würden gelten:

- * «Pass» zum gegnerischen Tor mit Gewichtung «unendlich» (=Torerfolg)
- * «Pass» zum eigenen Tor mit Gewichtung «minus unendlich» (=Eigentor).

Die Gewichtung von Pfeilen zwischen zwei Spielern wäre als «Grad der *Deckungsfreiheit*» zu definieren, wobei die Abstände zu den Gegnern und zum Tor eine Rolle in der Berechnung spielen würden. Die daraus zu lesende Angriffsmethode muss aufzeigen, welche Spieler sich am günstigsten freilaufen müssen (Grad der Deckungsfreiheit erhöhen) und welche entsprechende Ballzirkulation zum Torerfolg führt. Dabei könnte ein rekursiver Ansatz erwägt werden, mit Teilerfolgen bis zum Endziel: dem Torerfolg, mit Gewichtung unendlich.

Aus den obigen Betrachtungen könnte eine andere Festlegung der **Aktivzone** (wo die interessanten Pässe zum Torerfolg möglich sind) entstehen: als Teilgraph anstatt als Rechteck.

3.4 Idee 4: Abschaffung der Abseitsregel

Eine wichtige Behauptung der Fussballtheorie ist, dass die immer noch geltende Abseitsregel von 1925 keine strategische Bedeutung hat. Das heisst, dass sie keine wesentliche Rolle beim Deckungsspiel spielt, im Gegensatz zu den vorgängigen Abseitsregeln von 1863 und 1866. Das Ziel der Projektidee «Abschaffung der Abseitsregel» wäre es, dies durch Vergleich von Spielszenen mit und ohne Anwendung der Abseitsregel computergeometrisch zu beweisen.

3.5 Idee 5: Brettspiel

Zur Veranschaulichung und Popularisierung der aus den obigen Projekten gewonnenen Ergebnissen wäre ein Brettspiel zu konzipieren, welches auf die Fussballtheorie basiert. Wichtig ist, dass das Spiel ohne Ball völlig im Vordergrund stehen würde. Das Spiel könnte als klassisches Spiel mit Brett, Figuren und Würfel und als Computerspiel realisiert werden.

4 Referenzen

4.1 Hauptreferenzen

4.1.1 Bücher

- R. Olivós Arroyo: «Teoría del Fútbol». Ediciones Wanceulen, 1992.
- R. Olivós Arroyo: «Fútbol: Análisis del juego». Ediciones Wanceulen, 1997.

4.1.2 Web-Links

- «www.soccertheory.com»: Web-Site über die Fussballtheorie.

4.2 Ergänzungsreferenzen

4.2.1 Bücher

- J.-F. Gréhaigne: «L'organisation du jeu en football». Éditions Actio. 1992.
- J.F.F. Castelo: «Fútbol: estructura y dinámica del juego». Publicaciones Inde. 1999.

4.2.2 Papers

- F. Palomino, L. Rigoti, A. Rustichini: «Skill, Strategy, and Passion: An Empirical Analysis of Soccer». April 1999.
- I. Franks., M. Hughes: «Notational analysis of sport». London, E & FN Spon. 1997.
- J. Castellano Paulis: «Observación y Análisis de la acción de juego en fútbol». Phd thesis at University of País Vasco (Spain). 2000.
- T. Bebie: «SoccerMan - reconstructing soccer games from video sequences». Phd thesis at University of Bern (Switzerland). 1999.
- Tsuvoshi Taki, Jun-ichi Hasegawa Chukyo: «Visualization of Dominant Region in Team Games and Its Application to Teamwork Analysis (MOTION)». 1999.
- T. Taki, J. Hasegawa and T. Fukumura: «Development of Motion Analysis System for Quantitative Evaluation of Teamwork in Soccer Games». 1996.

4.2.3 Web-Links

- «www.robocup.org»: Web-Site über den internationalen wissenschaftlichen Fussballwettkampf unter Roboter oder simuliert.
- «www.gwdg.de/~wwinkle/pubww.htm»: Publikationen von Waldemar Winkler, Sportforscher, Universität Göttingen.

4.3 Glossar

KONZEPT	ERKLÄRUNG
Aktivzone	Rechteck mit folgenden Abgrenzungen: Seitenlinien, Grundlinie der verteidigenden Mannschaft und eine zur Grundlinie parallelen Linie, die die Position des Balls schneidet.
Angreifer	Zur ballbesitzenden Mannschaft gehörende Spieler.
Angriff	Das Ordnen der Spielzüge zum Erzielen eines Tors.
Aufnahme	Zuständigkeit in der Defensive. Jeder Feldspieler wird von genau einem Feldspieler der gegnerischen Mannschaft aufgenommen.
Deckung	Vorgehen zur Reduzierung des kollektiven Angriffs zu einem individuellen Angriff durch den Ballführenden.
Forschung	Studium einer Kultur. Entdeckung der Ursachen, welche die Phänomene in einer Kultur bewirken.
Grundformation	Vom strategischen Standpunkt aus willkürliche Aufstellung einer Mannschaft auf dem Platz.
Grundlinie	Die Grundlinien markieren das Ende des Spielfeldes in der Länge. Auf den Grundlinien sind die Tore aufgestellt.
Ignoranz	Nichtzugehörigkeit zur Gruppe, welche eine spezifische Kultur geschaffen hat.
Kultur	Kenntnisse, welche die Mitglieder einer Menschengruppe durch Erfahrung erworben haben. Dank diesen Kenntnissen erfüllt die Gruppe ihre materiellen und geistlichen Bedürfnissen, ordnet sich und organisiert sich als Gruppe.
Spiel	Das Ordnen von Spielzügen zum Siegen.
Spielzug	Folge von ausgeführten Spielbewegungen.
Sport	Aktivität, welche zum Sieg hauptsächlich Kraft oder Gewandheit verlangt.
Strategie	Vor dem Spiel gefallene, grundsätzliche Entscheide über Wahl und Ordnung der Spielzüge. Die Strategie erlaubt es, günstige Situationen zu schaffen, welche dann taktisch ausgenutzt werden können.
System	Ordnung, die bestimmten Gesetze folgt, die aus einem fundamentalen Prinzip abgeleitet sind.
Taktik	Entscheide, welche während der Dynamik des Spiels getroffen werden. Die Taktik nutzt die günstigen Situationen aus, welche durch die Strategie geschaffen wurden.
Theorie	Rationelle Erklärung von zusammenhängenden Phänomenen. Bündel von Ideen, welche aus bewiesenen Tatsachen abstrahiert werden.
unkultiviert	Zu einer Gruppe gehörend, welche ihre Kultur noch nicht entwickelt hat.
Verteidiger	Spieler, welcher gegen den Ballführenden um den Ball kämpft.
Verteidigung	Wer sich gegen die Angreifer ohne Ball stellt. Im alten System, der Ball. Im klassischen System, der vorletzte Feldspieler. Im modernen System, jeder Spieler der Mannschaft ohne Ballbesitz.
Verteidigungszone	Rechteck, das zwar vom Ballführenden betreten werden kann, aber nicht von den restlichen Angreifer. Abgrenzungen: Seitenlinien, Grundlinie der verteidigenden Mannschaft und Abseitslinie.