



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung: Anwendungen 1 **Wintersemester 2011/12**

Hauke Schröder

Human-biologisch motivierte Regelung autonomer
Systeme

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Einleitung	2
1.2	Gliederung der Ausarbeitung	3
2	Motivation	4
2.1	Problemstellung	4
2.2	Szenario Carolo-Cup Fahrzeug	5
3	Lösungsansatz	8
4	Projekt	11
4.1	Projektplan	11
4.2	Zieldefinition	11
4.3	Risiken	12
5	Fazit	13
5.1	Zusammenfassung	13
5.2	Ausblick	13
	Literatur- und Quellenverzeichnis	14

Zusammenfassung

Diese Ausarbeitung beschäftigt sich mit dem Ansatz, ein autonomes Fahrzeug mit einer human-biologisch motivierten Regelung zu steuern. Hierfür wird zunächst das Einsatzgebiet der entstandenen Algorithmen Forschungsbereich FAUST durch ein Szenario eingeordnet. Daneben werden das Projektziel, ein möglicher Lösungsansatz und einige Risiken beschrieben.

1 Einführung

1.1 Einleitung

Autonome Systeme sind aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Sie übernehmen in der Regel begrenzte, klar definierte und sich, wenn auch im weitesten Sinne, wiederholende Aufgaben und handeln in Bezug auf diese selbstständig und unabhängig, also autonom. In diesem Zusammenhang wird der Begriff des Systems als Verbund aus in Wechselwirkung stehenden Elementen, die als aufgaben-gebundene abgegrenzte Einheiten angesehen werden können, definiert.

Wird von diesen klar definierten und begrenzten Aufgaben abgewichen, steigt die Komplexität der zu lösenden Aufgabe für die Maschine stark an und kann von konventionellen starren Algorithmen nur schwer gelöst werden. Diese Problematik kann in einigen Fällen durch Anwendung verschiedener Verfahren der künstlichen Intelligenz in Kombination mit entsprechenden Trainingsdaten umgangen werden. Durch Abstraktion dieser Trainingsdaten beziehungsweise Hintergrundinformationen wird die Grundlage für die Lösung von Aufgaben einer bestimmten Klasse geschaffen, was den direkten Schluss zulässt, dass die gewählten Hintergrundinformationen essentiellen Einfluss auf das problemlösende Verhalten von autonomen Systemen haben.

In diesem Projekt wird eine human-biologisch motivierte Regelung entwickelt, die autonome Systeme dazu befähigen soll, Entscheidungen bezüglich der Steuerung eines Vehikels so zu treffen, wie es ein Mensch in einer bestimmten Situation täte. Dazu wird zunächst das menschliche Verhalten während der Teilnahme am simulierten Straßenverkehr analysiert und anschließend autonomen Systemen als Hintergrundinformation in Verbindung mit entsprechenden Algorithmen zur Verfügung gestellt. In diesem Projekt wird *human-biologisch* also als Synonym für *menschlich* genutzt. Auf diese Weise sollen autonome Systeme in der Lage sein, Verkehrssituationen besser zu bewerten und daraus resultierende notwendige Maßnahmen zu ergreifen. Als Testobjekte stehen verschiedene Plattformen des Forschungs-

projekts FAUST¹ zur Verfügung, wobei der Fokus voraussichtlich auf dem Campusbot² oder den Carolo-Cup³ Fahrzeugen liegen wird.

1.2 Gliederung der Ausarbeitung

In Kapitel 2 wird das Projekt durch Diskussion einer Problemstellung autonomer Systeme (2.1) und einem Szenario (2.2) motiviert. Anschließend wird in Kapitel 3 ein Lösungsansatz skizziert. Daraus ergeben sich das Projektziel (4.2), der Projektplan (4.1) und mögliche Risiken (4.3), die in Kapitel 4 erläutert werden. Die Ausarbeitung endet mit einer Zusammenfassung (5.1) und einem Ausblick (5.2) auf die nächsten Projektschritte.

¹FAUST: Fahrerassistenz und autonome Systeme - <http://www.informatik.haw-hamburg.de/faust.html>

²Campusbot: Ein auf Basis des Volksbot entstandenes Vehikel der HAW Hamburg - <http://www.volksbot.de/>

³Carolo-Cup: <http://http://www.carolo-cup.de/>

2 Motivation

2.1 Problemstellung

In diesem Bereich sollen anhand verschiedener Situationen Probleme autonomer Systeme aufgezeigt werden. Da das Projekt im Forschungsbereich Fahrerassistenz und autonome Systeme durchgeführt wird, werden nachfolgend lediglich Aspekte aus diesem Bereich betrachtet.

Bei den heute von Autoherstellern angebotenen Assistenzsystemen, wie Spurhalte- und Spurwechsel-, Notbrems- und Toter-Winkel-Assistenten sowie Abstandsregelautomaten handelt es sich um aktive Assistenzsysteme, die den Menschen in bestimmten Situationen unterstützen. Durch die Entwicklung und Verwendung dieser Assistenzsysteme in Fahrzeugen, ändert sich deren Automatisierungsgrad von manueller Steuerung hin zur teilautomatisierten Steuerung. Der nächste Entwicklungsschritt, die Einführung der Vollautomatisierung in Fahrzeugen ist unlängst viel komplexer. Hierbei ist das Ziel, dass alle Tätigkeiten vollständig vom Fahrzeug, also ohne das Zutun des Menschen, erledigt werden und zwar mit der Anforderung mindestens so gut zu sein wie der Mensch. Volkswagen hat im Jahre 2010 mit dem Fahrzeug Leonie und dem Befahren des Braunschweiger Stadtrings einen ersten Schritt in diese Richtung gemacht[7]. Im Jahr 2011 folgte BMW mit dem autonomen Befahren der Autobahn zwischen München und Ingolstadt[8]. In beiden Fällen liegen neben viel Rechenleistung und diversen Sensoren auch hochgenaue Karten der befahrenen Strecke vor. Die gewählten Aktionsbereiche sind also bekannt, doch das Verhalten eines autonomen Systems ist, unabhängig von den beiden zuvor genannten Forschungsprojekten, in Situationen mit zu wenigen, unbrauchbaren oder widersprüchlichen Informationen unklar und sollte mindestens das Erreichen eines Fail-Safe-Zustandes beinhalten. Nachfolgend werden einige Situationen geschildert, die für automatisierte Fahrzeuge Probleme darstellen könnten:

- Keine Fahrbahnmarkierung vorhanden
- Regelung des Verkehrsflusses durch Menschen
- Kreuzungen sind nicht standardisiert
- Kinder spielen am Fahrbahnrand
- Umleitung des Verkehrsflusses
- Vorausschauendes Fahren
- Überholvorgänge
- Einschätzung von Verkehrssituationen auf Grundlage von Erfahrung
- Kurzzeitige und Langfristige Sensorausfälle

- Schlechte Witterungsverhältnisse (Regen, Glätte, Schnee) mit verändertem Fahrverhalten
- Unberechenbarkeit von anderen Verkehrsteilnehmern

Bei Betrachtung dieser Liste fällt auf, dass einem erfahrenen Autofahrer die meisten dieser Situationen bereits mehrfach widerfahren sind und unfallfrei gemeistert wurden. Dieses lässt den Schluss zu, dass der human-biologische Ansatz zur Beherrschung dieser Situationen auf Grundlage eines breiten Hintergrundwissens sehr fehlertolerant und gut geeignet ist.

2.2 Szenario Carolo-Cup Fahrzeug

Eine Teilmenge der in Kapitel 2.1 beschriebenen Problemsituationen findet beim jährlich stattfindenden Carolo-Cup seine Anwendung. Der Carolo-Cup ist ein Hochschulwettbewerb, bei dem sich Studententeams mit der Entwicklung von autonomen Modellfahrzeugen im Maßstab 1:10 beschäftigen. Der Wettbewerb teilt sich in eine statische und drei dynamische Disziplinen auf, wobei für dieses Projekt lediglich die dynamischen Disziplinen von Interesse sind. Hierbei muss das autonome Modellfahrzeug auf nachfolgend dargestelltem Rundkurs (siehe Abbildung 1) verschiedene Situationen meistern.

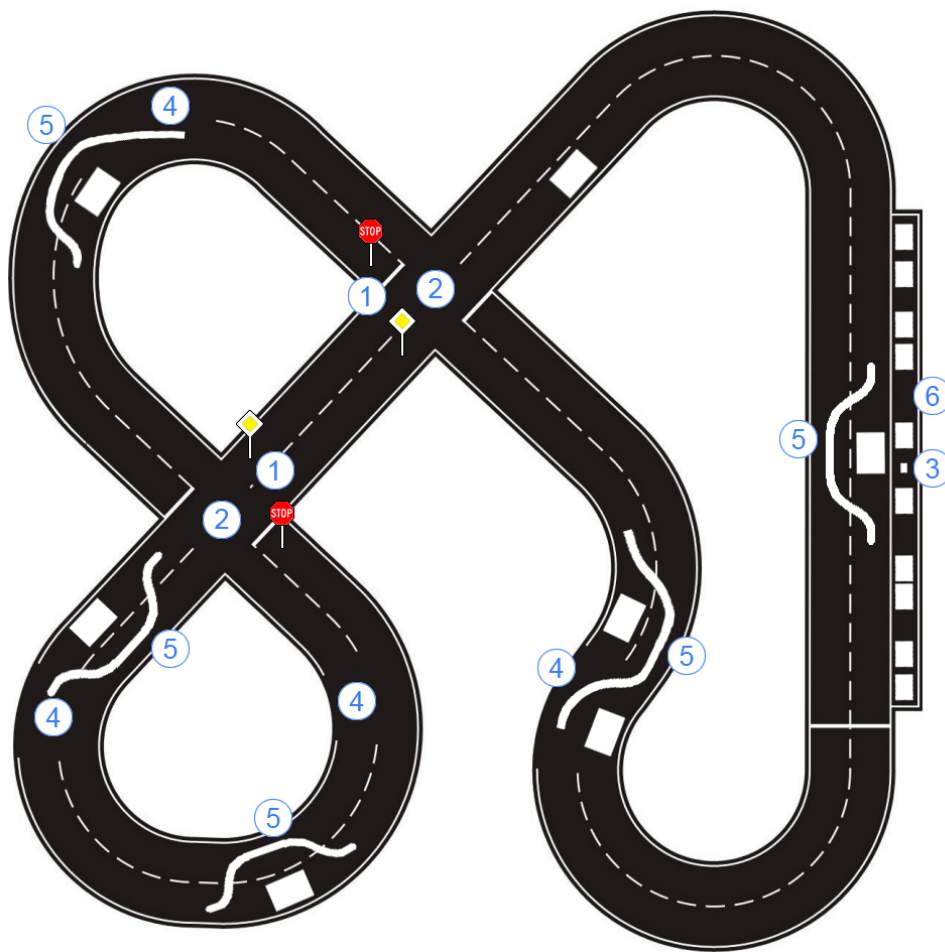


Abbildung 1: Strecke des Carolo-Cups 2012 mit verschiedenartigen Problem-situationen [2]

Die in der Grafik vorhandenen Nummern entsprechen den Punkten der nachfolgenden Aufzählung und zeigen die Stellen des Rundkurses, an denen entsprechende Situationen aufgetreten sind.

1. Erkennen einer Stopplinie und der Vorfahrtberechtigung
2. Erkennen einer Kreuzung
3. Erkennen von Fußgängern
4. Erkennen und kompensieren von Fehlstellen der Fahrbahnmarkierung
5. Überholmanöver fester und dynamischer Hindernisse
6. Einparkvorgänge

Zur Bewältigung dieser Aufgaben verwenden die Fahrzeuge verschiedene Sensoren. Je nach Fahrzeuggeneration stehen Ultraschall- beziehungsweise Infrarotsensoren zur Abstandsdetektion zur Verfügung. Eine Kamera liefert Bilder, auf die Algorithmen zur Spurführung, Hindernis-, Stopplini- und Kreuzungserkennung angewendet werden. Die zurückgelegte Distanz wird bei der ersten Fahrzeuggeneration mit Hilfe von Inkrementalgebern bestimmt. Bei der zweiten Fahrzeuggeneration sollen die Inkrementalgeber von laserbasierten Mausensoren abgelöst werden.



Abbildung 2: Onyx, 1. Fahrzeuggeneration



Abbildung 3: Saphir, 2. Fahrzeuggeneration

Im Rahmen dieses Kontextes können human-biologisch motivierte Ansätze zur Regelung des Fahrzeugs Anwendung finden, um in bestimmten Situationen angemessener reagieren zu können (mehr dazu in Kapitel 4.2).

3 Lösungsansatz

In diesem Kapitel wird die Idee beschrieben, mit der der menschliche Ansatz ein Vehikel zu steuern, untersucht werden soll. Dazu wird eine Software benötigt, mit der verschiedene Situationen simuliert werden können. Die Simulationssoftware wird in Verbindung mit einem Eyetracker genutzt. Durch Verwendung des Eyetrackers kann ausgewertet werden, in welcher Situation die Versuchsperson welchen Punkt fixiert hat. Nachfolgend ist ein Entwurf der Software abgebildet:

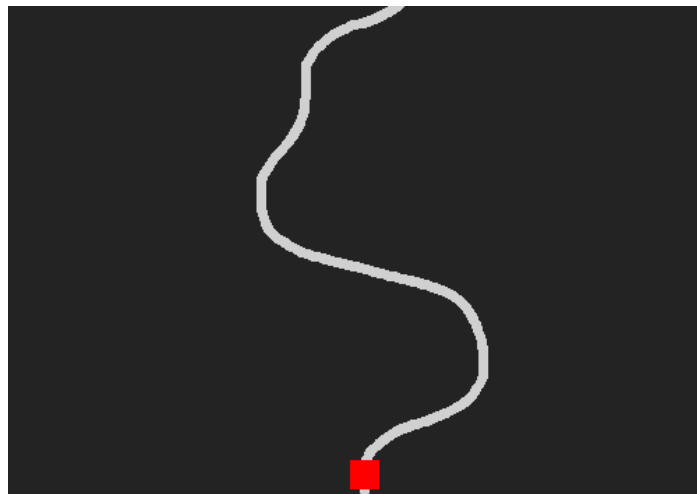


Abbildung 4: Entwurf der Simulationssoftware zur Analyse des menschlichen Verhaltens bei der Steuerung eines Fahrzeugs

Wie zu erkennen ist, ist das GUI der Software maximal einfach gestaltet, so werden die Testpersonen in diesem Teil des Tests nicht durch belanglose Dinge abgelenkt. Ein zweiter Test soll mit einem Rennspiel wie *Need for Speed*[3] oder *TORCS*[10] durchgeführt werden.

Durch Analyse der Tests sollen Postulate formuliert werden, auf deren Grundlage situationsabhängige Handlungsanweisungen erstellt werden sollen. Nachfolgend wird ein Screenshot aus *Need for Speed - Most Wanted*[9] verwendet, um einige Szenarien neben einer textuellen Beschreibung visuell zu veranschaulichen. Auf der linken Seite ist die Annahme, wie ein Mensch eine bestimmte Situation wahrnehmen könnte und auf der rechten Seite, wie dieses Szenario mit Algorithmen gelöst werden könnte:



Abbildung 5: Mensch - Peripheres Sehen



Abbildung 6: Implementierung - Sub-sampling uninteressanter Bereiche

In Abbildung 5 wird vom Menschen nur ein kleiner Teil der gesamten Kulisse scharf wahrgenommen, was damit zu begründen ist, dass die Strecke gerade verläuft und allem anderen weniger Beachtung geschenkt wird. Dieser unscharfe Bereich wird peripheres Sichtfeld genannt und wird unterbewusst vom Gehirn auf Unerwartetes untersucht. Ein ähnliches Vorgehen könnte beispielsweise durch Subsampling der uninteressanten Bereiche, wie es in Abbildung 6 zu sehen ist, erreicht werden.



Abbildung 7: Mensch - Region of Interest



Abbildung 8: Implementierung - Bewertung der Informationen des Region of Interest mit höherer Gewichtung

In Abbildung 7 markiert der rote Kreis das zentrale Sehfeld des Menschen, also der Punkt, den der Mensch scharf sieht. Sobald die situationsbedingte Relevanz von bestimmten Objekten im Sichtfeld der Kamera eingeschätzt werden kann, ist es möglich, Regions of Interest zu bestimmen (siehe Abbildung 8) und diese entsprechend zu bearbeiten. Diese Regions of Interest können Schilder, Teile der Natur, der Straßenrand, Hindernisse auf der

Fahrbahn oder alles andere denkbare sein. Während der Autofahrt blickt der Fahrer eines PKWs etwa 80% der Gesamtfahrzeit in Fahrtrichtung des Fahrzeugs[6] und kann den PKW auch in Kurven auf der Straße halten. Wie [Land u. a.][5] nachwiesen ist der Verlauf von Blick- und Lenkwinkel über die Gesamtfahrzeit ähnlich. Dazu fixiert er einen Punkt in einiger Entfernung zu dem Fahrzeug und bestimmt ohne große Herausforderung auch bei hohen Geschwindigkeiten die Trajektorie zu diesem Punkt[4].

Trifft der Autofahrer während seiner Fahrt auf einen Unfall, liegen häufig Teile des verunfallten Fahrzeugs auf der Straße. Um sein eigenes Fahrzeug nicht zu beschädigen umfährt er diese in der Regel. Bei diesem Umfahren geht der Autofahrer ganz instinktiv vor und findet sehr leicht einen Weg durch das Chaos. Diese Lenkdynamik ist zumeist spontan und resultiert nicht aus einer vorab stattfindenden Routenplanung[1].



Abbildung 9: Mensch - Verschobenes Sichtfeld

Im dritten Beispiel ist in Abbildung 9 eine Verschiebung des Sichtfeldes nach rechts zu erkennen, als würde der Mensch seinen Blick nach rechts wenden. Dieses Szenario ist besonders interessant, da es durchaus vorkommen kann, dass sich der Kamerawinkel, beispielsweise unfallbedingt, ändern kann. Ein Ansatz zur Lösung dieses Szenarios durch das autonome System ist bisher nicht bekannt.

4 Projekt

Nachfolgend wird zunächst ein Projektplan dargestellt, der die Einteilung des Projektes zeigt. Im Anschluss daran werden primäre und sekundäre Projektziele definiert und einige Projektphasen abhängige Risiken genannt.

4.1 Projektplan

Das Projekt wurde entsprechend den Semestern in vier Phasen eingeteilt. Jede Phase endet mit schriftlichen Ausarbeitungen beziehungsweise Präsentationen am Ende jedes Semesters. Die dunkelblaue Linie zeigt den aktuellen Stand des Projektes.

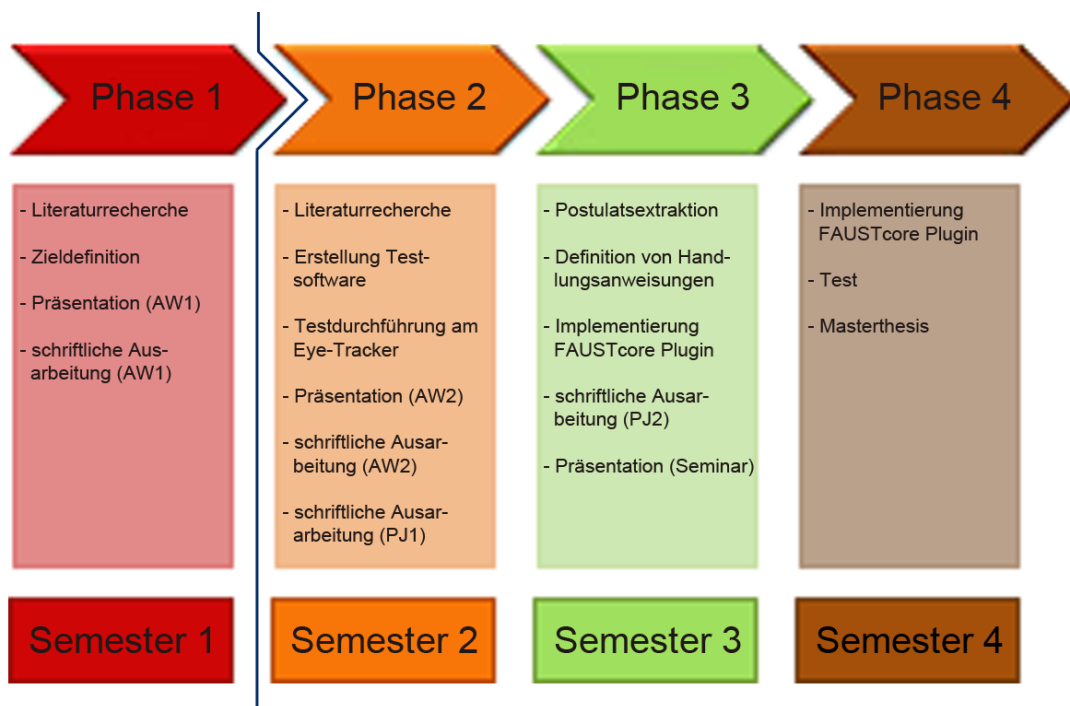


Abbildung 10: Projektplan

4.2 Zieldefinition

Auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel und dem Projektplan können folgende Projektziele in Abhängigkeit der Projektphasen definiert werden:

- Entwicklung und Durchführung von Tests mit geeigneten Versuchspersonen zum Verständnis menschlichen Verhaltens beim Steuern eines Vehikels in bestimmten Situationen. Diese Situationen werden stellvertretend für ein Klasse von Situationen genutzt

- Entwicklung von Postulaten auf Grundlage der Testergebnisse
- Entwicklung von speziellen Handlungsanweisungen für jede einzelne Situationsklasse
- Entwicklung eines Plugins für den FAUSTcore⁴, das das autonome Fahrzeug basierend auf den Handlungsanweisungen regelt

Zusätzlich zu den eben genannten primären Projektphasen abhängigen Zielen, sind folgende sekundäre Ziele angestrebt:

- Rechenlastminimierung durch die niedrigere Regelungsfrequenz
- Niedrigerer Energiebedarf der Hardware
- Besseres Verständnis des menschlichen Verhaltens hinsichtlich des Steuern eines Autos und der getroffenen Entscheidungen

4.3 Risiken

Bei der Planung des Projekts sind folgende Risiken für die einzelnen Phasen⁵ des Projektes aufgefallen:

- Phase 2
 - Tests sind nicht repräsentativ
 - Versuchspersonen werden falsch ausgewählt
 - Testergebnisse sind unbrauchbar
- Phase 3
 - Falsche Schlussfolgerungen bei der Postulatextraktion beziehungsweise den hieraus resultierenden Handlungsanweisungen
 - Verschiebung der Pluginimplementierung in die vierte Projektphase
- Phase 4
 - Durch späte Fertigstellung des Plugins folgt ein später Testbeginn, sodass Fehler hinsichtlich falscher Annahmen in Phase zwei erst in Phase vier bemerkt werden

Mögliche Probleme, die in Bezug mit Hardware der verschiedenen Testumgebungen auftreten können, sowie Folgefehler aus vorhergehenden Phasen wurden hier bewusst außer Acht gelassen.

⁴Kernstück der im Forschungsbereich FAUST entwickelten Software zur Steuerung autonomer Fahrzeuge

⁵Die erste Phase des Projekts wird nicht betrachtet, da diese mit dieser Ausarbeitung abgeschlossen ist.

5 Fazit

5.1 Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung wurde zunächst der Kontext umrissen, in den sich das Projekt einordnen lässt. Weiter wurde die Problemstellung, mit der sich dieses Projekt befassen wird in Kapitel 2.1 eingegrenzt und motiviert. Das nachfolgende Szenario beschreibt mit den Carolo-Cup Fahrzeugen eine der möglichen Test- und Einsatzumgebung für die entstehende Software.

In Kapitel 3 wurde ein möglicher Lösungsansatz umrissen. Des Weiteren wurden in Kapitel 4 mögliche Projektrisiken benannt.

5.2 Ausblick

Bei der Entwicklung von human-biologisch motivierten Algorithmen, deren Grundlage der Extrakt von Tests mit Menschen bilden, kann es leicht zu den in Kapitel 4.3 genannten Problemen kommen. Deswegen muss großer Wert auf die Auswahl der Testpersonen gelegt werden.

Damit meine Ziele im nächsten und dem darauf folgenden Semester erreicht werden können, ist es sinnvoll möglichst früh mit den in Kapitel 3 beschriebenen Tests mit den Versuchspersonen zu beginnen, damit die daraus resultierenden Postulate schnellstmöglich in entsprechenden Datenstrukturen abgelegt werden können, um rechtzeitig einschätzen zu können, ob diese als Grundlage für die Steuerung eines Fahrzeugs nutzbar sind. Nachdem die Postulate vorhanden sind, muss für die bestehende Subsumption-Architektur des FAUSTcore ein Plugin zur Verarbeitung dieser entworfen und implementiert werden.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Brett R. Fajen and William H. Warren and Selim Temizer and Leslie Pack Kaelbling. A Dynamical Model of Visually-Guided Steering, Obstacle Avoidance, and Route Selection. Technical report, Department of Cognitive and Linguistic Sciences, Brown University and Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [2] Carolo-Cup. Carolo-Cup Regelwerk 2012. URL <http://www.carolo-cup.de/uploads/media/Regelwerk.pdf>.
- [3] EA Games. URL <http://www.needforspeed.com/>.
- [4] John P. Wann and Richard M. Wilkie. How do We Control High Speed Steering? Technical report, School of Psychology, University of Reading, 2004.
- [5] M. F. Land and D. N. Lee. Where we look when we steer. *Nature*, 369, 1994.
- [6] Mark Brackstone and Ben Waterson. Are We Looking Where We are Going? An Exploratory Examination of Eye Movement in High Speed Driving. Technical report, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Southampton, 2003.
- [7] Pressestelle TU Braunschweig. Weltweit erstes automatisches Fahren im realen Stadtverkehr. 133, 2010. URL <https://www.tu-braunschweig.de/presse/medien/presseinformationen?year=2010&pinr=133>.
- [8] Stefan Grundhoff. Fährt sich wie von selbst. *Zeit online*, 2011. URL <http://www.zeit.de/auto/2011-09/automatisiert-fahren>.
- [9] Tom's Hardware. Need for Speed: Most Wanted v1.3, 2006. URL http://img.tomshardware.com/de/2006/06/08/3d-spiele-mit-notebooks/need_for_speed_most_wanted.gif.
- [10] TORCS. URL <http://www.torcs.sourceforge.net>.

Abbildungsverzeichnis

1	Strecke des Carolo-Cups 2012	6
2	Onyx, 1. Fahrzeuggeneration	7
3	Saphir, 2. Fahrzeuggeneration	7
4	Simulationsentwurf	8
5	Mensch - Peripheres Sehen	9
6	Implementierung - Subsampling uninteressanter Bereiche	9
7	Mensch - Region of Interest	9
8	Implementierung - Region of Interest	9
9	Mensch - Verschobenes Sichtfeld	10
10	Projektplan	11