

Systems Engineering

Praktikum WS 23 – 24

Autonomes Fahren ist ein spannendes Forschungsfeld mit dem Ziel, den Straßenverkehr sicherer zu gestalten und die Anzahl der Unfälle drastisch zu reduzieren. Jährlich führen Autounfälle zum Tod von etwa 1,2 Millionen Menschen weltweit. Diese alarmierende Zahl unterstreicht die dringende Notwendigkeit, diesem Bereich besondere Aufmerksamkeit zu widmen. In modernen Fahrzeugen sind bereits mindestens 100 Mikroprozessoren im Einsatz, die verschiedene Funktionen wie Bremsen, Tempomat und Getriebe steuern und miteinander kommunizieren. Darüber hinaus laufen in diesen Fahrzeugen bis zu 5 bis 10 Millionen Codezeilen. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Technologie des autonomen Fahrens wird die Komplexität dieser Systeme aus zahlreichen Subsystemen weiter zunehmen.

Es bedarf daher eines systematischen Ansatzes, der auf einer soliden Designmethodik beruht, um sicherzustellen, dass das gesamte System den vom Kunden festgelegten Anforderungen entspricht. Die Modellbasierte Systemtechnik (MBSE) bietet einen solchen Ansatz. Sie zielt darauf ab, das System aus einer ganzheitlichen Perspektive zu entwerfen und bietet eine gemeinsame Plattform für die Entwicklung eines eindeutigen Systems. Im Rahmen dieses Praktikums werdet ihr auf Basis des System Modeling Language (SysML) Ansatzes ein Systemmodell erstellen.

Das autonome Fahren lässt sich grundsätzlich in drei Bereiche unterteilen: Wahrnehmung, Planung und Kontrolle. Die Fahrzeugwahrnehmung wird durch Sensoren realisiert, die Daten bezüglich des aktuellen Fahrzeugzustands und seiner äußeren Umgebung erfassen. Diese gesammelten Daten werden dann in ein für das Fahrzeug verständliches Format umgewandelt. Der Bereich der Planung konzentriert sich darauf, Entscheidungen darüber zu treffen, wie das Fahrzeug sicher von einer Position zu einem Zielort gelangt, indem potenzielle Kollisionen vermieden werden. Die Kontrolle stellt sicher, dass das Fahrzeug gemäß den getroffenen Entscheidungen reagiert, indem es quantitativ Werte für verschiedene Fahrzeugaktuatoren (Bremsen, Lenkung, Drosselklappe) festlegt.

In dieser praktischen Übung liegt der Fokus auf der Fahrzeugplanung für autonomes Fahren. Ihr werdet ein Systemmodell speziell für diesen Modul entwerfen, in dem eine machbare Trajektorie für die Bewegung des Fahrzeugs geplant wird. Eine Trajektorie ist definiert als der Pfad, den ein Objekt im Verhältnis zur Zeit folgt. Durch diese praktische Übung sollt ihr ein tieferes Verständnis für die Herausforderungen und Lösungsansätze im Bereich der Fahrzeugplanung für autonomes Fahren erlangen.

Vorraussetzungen

Startposition des Fahrzeugs:

Das Fahrzeug beginnt stets von der Position (0, 0) aus zu fahren. Diese Festlegung stellt einen einheitlichen Ausgangspunkt für alle Bewegungen und Trajektorien des Fahrzeugs dar und erleichtert die Vergleichbarkeit verschiedener Pfadplanungsansätze. Die Startposition (0, 0) dient als Referenzpunkt für die Berechnung der Fahrzeugbewegungen und der daraus resultierenden Trajektorien. Durch die Festlegung einer eindeutigen Startposition können die Studierenden ihre Pfadplanungsstrategien systematisch entwickeln und evaluieren.

Fahrradmodell des Fahrzeugs:

Das Fahrradmodell (Bicycle Model) ist ein vereinfachtes Modell zur Simulation der Bewegung eines Fahrzeugs. In diesem Modell wird das Fahrzeug durch zwei Räder repräsentiert: ein virtuelles Vorderrad und ein virtuelles Hinterrad. Die Geschwindigkeitswerte werden für diese virtuellen Räder individuell erzeugt. Das Fahrradmodell wird zur Generierung einer ausführbaren Trajektorie verwendet, indem Geschwindigkeitswerte für das virtuelle Vorderrad und das virtuelle Hinterrad erzeugt werden. Auf diese Weise können die Lenkbewegungen und die Fahrzeuggeschwindigkeit auf einfache Weise modelliert und analysiert werden, um eine sichere und effiziente Trajektorie für das Fahrzeug zu planen.

Fahrzeug als bewegliches Punktobjekt:

Während der Pfadplanung auf der gegebenen Karte wird das Fahrzeug als bewegliches Punktobjekt betrachtet. Diese Vereinfachung ermöglicht eine weniger komplexe Modellierung des Fahrzeugs und seiner Bewegungen. Es erleichtert die Planung und Berechnung von Pfaden in der gegebenen Umgebung, indem die Dimension und die Ausrichtung des Fahrzeugs ignoriert und stattdessen nur seine Position im Raum berücksichtigt wird. Durch die Betrachtung des Fahrzeugs als Punktobjekt können die Studierenden sich auf die wesentlichen Aspekte der Pfadplanung konzentrieren und eine geeignete Trajektorie für die Bewegung des Fahrzeugs erarbeiten.

Problemdefinition

In diesem Projekt wird die Entwicklung eines realen, autonom fahrenden Fahrzeugs betrachtet, das in der Lage sein soll, sich selbstständig in begrenzten Räumlichkeiten wie Gebäuden oder abgeschlossenen Arbeitsbereichen zu bewegen und dabei Kollisionen zu vermeiden. Das betrachtete Fahrzeug ist mit modernster Technologie ausgestattet. Das Projektziel ist es, ein Systemmodell zu erstellen, das die Generierung einer Trajektorie für das Fahrzeug ermöglicht, um autonom von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt zu gelangen, während mögliche Hindernisse umgangen werden.

Problemstellung:

1. Trajektorienplanung:

Entwicklung eines Algorithmus zur effizienten Planung von Trajektorien in einer gut definierten digitalen Karte, die das Fahrzeug sicher von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt führt, ohne die Fahrspur zu überqueren, insbesondere in Kurvenbereichen.

2. Kollisionsvermeidung:

Entwurf und Implementierung eines robusten Kollisionsvermeidungssystems, das in der Lage ist, nicht kartierte Entitäten zu erkennen und entsprechend zu reagieren, um Kollisionen zu vermeiden.

3. Anwendung der MBSE-Techniken:

Anwendung der Modellbasierten Systemtechnik (MBSE) zur Entwicklung eines umfassenden Systemmodells, das die verschiedenen Aspekte des autonomen Fahrens in begrenzten Bereichen berücksichtigt.

Ziel ist es, durch die Umsetzung der oben genannten Punkte ein autonomes Fahrzeug zu entwickeln, das in der Lage ist, sich sicher in begrenzten Bereichen zu bewegen und dabei eine effiziente Trajektorie von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt zu planen und auszuführen, während mögliche Hindernisse umgangen werden. Die Erkenntnisse und Methoden aus diesem Projekt können als Grundlage für weitere Forschungen und Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens in begrenzten oder dynamisch veränderlichen Umgebungen dienen.

Aufgabe 1 - SCRUM

Aufgabenstellung: Einrichtung und Organisation von SCRUM-Teams für das Semesterprojekt

1. Teamorganisation:

- Organisieren Sie sich in Teams von 6-7 Studierenden.
- Jedes Team wird nach der SCRUM-Methodik arbeiten.
- Bestimmen Sie eine Person in Ihrem Team als SCRUM Master. Der Product Owner wird durch den Projektleiter (mich) repräsentiert.

2. Einrichtung des SCRUM Boards:

- Erstellen Sie ein neues SCRUM Board, vorzugsweise mit der Software JIRA, da diese für Teams von bis zu 10 Nutzern kostenlos ist.
- Machen Sie sich mit JIRA vertraut; hier werden Sie Ihren Backlog verwalten und Ihre SPRINTs planen.

3. SPRINT-Planung:

- Das Semester wird in vier SPRINTs unterteilt.
- Für jeden SPRINT erhalten Sie von mir eine neue Aufgabe, die Sie als Team in Stories für Ihren Backlog zerlegen müssen.
- Schätzen Sie die benötigte Arbeit für jede Story ab und weisen Sie diese den Teammitgliedern zu.

4. Zeitmanagement:

- Jede Aufgabe hat eine Bearbeitungszeit von drei Wochen.
- Nutzen Sie die erste Woche für die Planung des Backlogs und Ihrer Backlog-Items.
- Verwenden Sie die letzten beiden Wochen für die Umsetzung Ihrer Stories.

5. Regelmäßige Überprüfungen und Kommunikation:

- Ich werde regelmäßige Check-Ins mit den SCRUM Mastern durchführen und den Fortschritt Ihres Teams überprüfen.
- Für diese Überprüfungen müssen Sie mich in Ihr Team aufnehmen. Die Details hierzu werde ich gesondert mit den SCRUM Mastern besprechen.

6. Dokumentation und Präsentation der Arbeitsergebnisse:

- Hängen Sie Ihre Arbeitsergebnisse an die jeweiligen Tickets an, z.B. als Kommentar oder in anderer geeigneter Form.

- Am Ende jedes Sprint werde ich die Tickets und Ihre Ergebnisse sichten und entweder abnehmen oder Ihre Tickets mit Verbesserungswünschen in den nächsten Sprint verschieben.

7. Selbstverwaltung:

- Stellen Sie sicher, dass die Arbeitslast gleichmäßig auf die Teammitglieder aufgeteilt ist und arbeiten Sie kollaborativ, um die gestellten Aufgaben erfolgreich zu erfüllen.

Endtermine der Sprints (ihre SPRINTs sollten jeweils zu diesem Termin in JIRA enden):

- Sprint 1: 2. November 2023
- Sprint 2: 23. November 2023
- Sprint 3: 14. Dez 2023
- Sprint 4: 11. Jan 2024

Aufgabe 1 – Systementwurf

Entwerfen Sie folgende Diagramme für das System. Erstellen Sie aus meiner Aufgabenstellung geeignete User Stories die detailliert die Aufgabe beschreiben sowie geeignete Akzeptanzkriterien definieren:

1. Das Ziel dieser Aufgabe ist die Erstellung eines Requirement Diagrams in SysML, welches die Anforderungen an das autonome Fahrzeug aus einer externen Perspektive darstellt. Dabei sollen insbesondere hochrangige Anforderungen, die eher in Form von Benutzerspezifikationen formuliert sind, auf dieser Ebene des Requirement Diagrams erfasst werden. Dieses Requirements Diagram gibt einen Überblick über die Erwartungen an das autonome Fahrzeug, um erfolgreich autonom zu einem gegebenen Ziel zu fahren, von seiner Startposition aus, ohne mit erkannten Hindernissen zu kollidieren, und das in der kürzestmöglichen Zeit. Denken Sie daran, dass Hindernisse vorhanden sein können ... oder auch nicht.
2. Erstellung eines Use Case Diagramms zur Hindernisvermeidung für das Fahrzeug. Das Ziel dieser Aufgabe ist die Entwicklung eines Use Case Diagramms, das die unterschiedlichen Arten von externen Entitäten (Hindernissen) und die Interaktionen des AutoCar mit diesen Entitäten darstellt. Hierbei soll insbesondere auf die Manöver eingegangen werden, die das AutoCar in Abhängigkeit vom Typ des Hindernisses ausführt.
3. Erstellen Sie ein Block Definition Diagramm welches den allgemeinen Systementwurf und die grundlegenden Fahrzeugarchitektur darstellt. Orientieren Sie sich an Abb. 1. Bringen Sie mehr über die jeweiligen Systemteile in Erfahrung um ihre Abhängigkeiten modellieren zu können.

Abgabe:

- Ein digitaler Entwurf der Diagramme in SysML (in den jeweiligen Tickets).
- Eine schriftliche Dokumentation, die jede Anforderung im Diagramm erläutert und den Bezug zur Problemstellung in Kapitel 1 herstellt (in den jeweiligen Tickets).

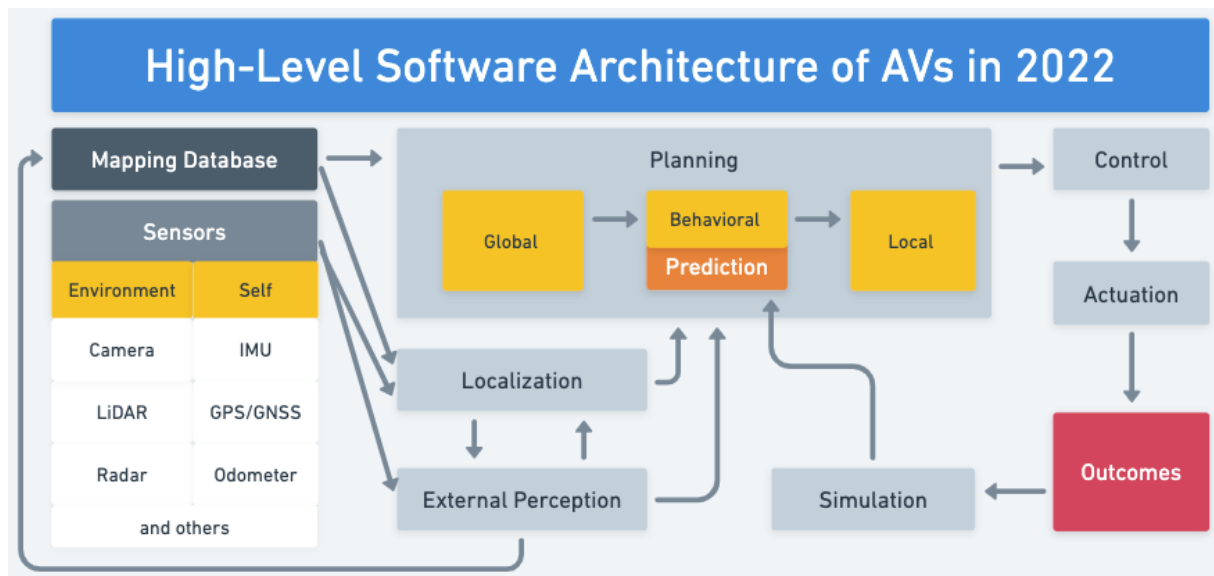


Abbildung 1: Grobe Softwarearchitektur eines autonomen Fahrzeugs