

Lastenheft für das Projekt „Autonomes Fahrzeug“

Inhalt

Inhalt	1
1 Einleitung	2
2 Funktionale Anforderungen	3
2.1 Anforderungen an die Fahrzeuggestaltung	3
2.2 Anforderungen an die Fahrzeugfunktionen	5
2.2.1 Einparken	5
2.2.2 Fahrt auf einer Rundstrecke	7
3 Nicht-funktionale Anforderungen	9
3.1 Technische Anforderungen	9
3.2 Toolanforderungen	10
3.2.1 Projektorganisation	10
3.2.2 Realisierung von Software	10
3.2.3 Qualitätssicherung	11
Anhang A – Abbildungen	12
Referenzen	15



1 Einleitung

In diesem Lastenheft werden die Anforderungen (engl. Requirements) und Einschränkungen (engl. Limitations) für das Projekt „Autonomes Fahrzeug“ definiert. Die Anforderungen richten sich im Wesentlichen nach den Anforderungen des Wettkampfes „Carolo-Cup“ [1].

Projektgegenstand ist die Entwicklung eines Fahrzeuges, welches sich auf einer vorgegebenen Fahrbahn autonom, d. h. ohne fremde Steuerung von außen, fortbewegt.

In den folgenden Kapiteln sind alle funktionalen Anforderungen an das Fahrzeug beschrieben. Zur Vertiefung der Anforderungen wird, da wo nötig, auf entsprechende Literatur verwiesen. Nicht-funktionale Anforderungen wie Performance, Wartbarkeit und Testbarkeit des entwickelten Produktes müssen bei der Entwicklung berücksichtigt werden auch wenn sie hier nicht gesondert aufgeführt sind.

Die Anforderungen werden in einer „Anforderungsbox“ dargestellt. Die Anforderungen sind in die Prioritäten 1 (hoch), 2 (mittel), 3 (niedrig) eingestuft. Einschränkungen der Anforderungen werden in Form von Limitations formuliert. Eine Beschreibung von Limitations gibt es nur an Stellen an denen ohne Limitation fälschlicherweise von einer Realisierung der jeweiligen Funktion ausgegangen werden könnte, d. h. nicht alles was „nicht funktionieren soll“ ist mit einer Limitation gekennzeichnet.

Das Projekt dehnt sich über einen Zeitraum von einem Jahr aus und wird insgesamt in zwei Phasen mit jeweils zwei Abschnitten unterteilt (siehe Abbildung 1). Jeder Abschnitt wird durch einen zu erreichenden Meilenstein abgeschlossen. Zu den Meilensteinterminen soll es eine Vorführung der erreichten (Zwischen-)Ergebnisse ergeben.

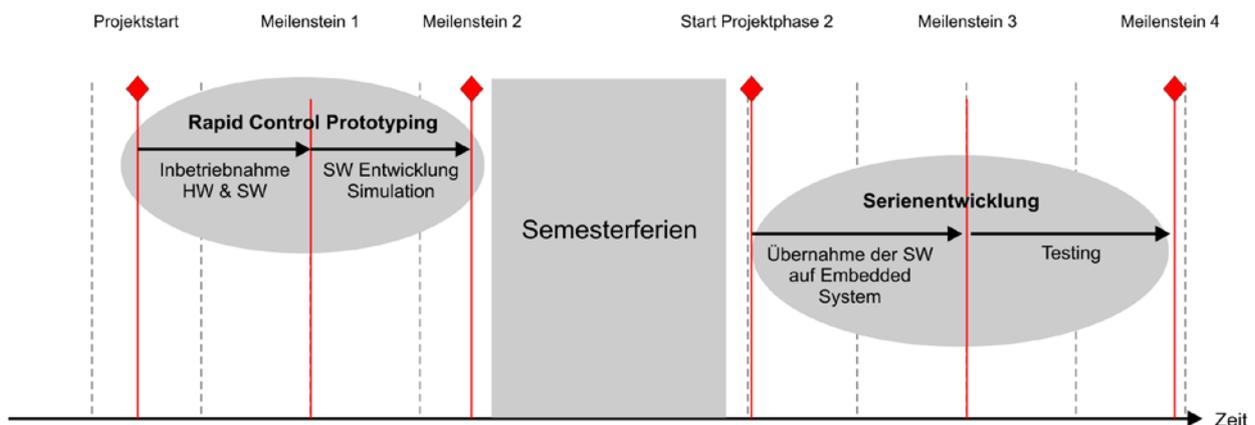


Abbildung 1: Globale Sicht auf den Projektplan „Autonomes Fahrzeug 2.0“

In der ersten Projektphase soll ein Fahrzeugprototyp erstellt werden, wobei als zentrales Steuergerät die dSPACE I/O Karte DS1104 [2] eingesetzt werden soll (Rapid Control

Prototyping, RCP). Bis zum Termin des ersten Meilensteins soll der komplette Hardwareaufbau des Fahrzeugs realisiert und die Funktionsweise nachgewiesen werden. Dies umfasst

- die Inbetriebnahme und Erprobung sämtlicher Sensoren (Ultraschall-, Infrarotsensoren, Inkrementalgeber, Lenkwinkelsensor, Kamera, ...) und Aktuatoren (Gas, Bremse, Lenkung, Beleuchtung, Blinker, RC-Licht, ...),
- Simulation des Einparkens,
- Simulation der Querregelung,
- Spurerkennung der Kamera und Kommunikation mit der DS1104,
- autonome Fahrt Geradeausfahrt,
- autonomes Einparken in eine beliebige Lücke und
- Sicherheitseingriff durch RC-Modus.

Bis zum Termin des zweiten Meilensteins sollen die nachfolgenden Punkte realisiert werden

- stabile Fahrspurerkennung in Kurven,
- unter Einsatz von Matlab/Simulink diverse Algorithmen für die Fahrzeugsteuerung und Regelung realisiert werden.

Die minimal zu realisierenden Anforderungen müssen dazu zuvor zwischen Projektteilnehmern und Auftraggebern abgestimmt werden.

In den folgenden Kapiteln sind die Anforderungen einzeln aufgeführt.

2 Funktionale Anforderungen

2.1 Anforderungen an die Fahrzeuggestaltung

REQ10.2000	Eigenständige Funktionsweise des Fahrzeugs		
Requirement	Das autonome Fahrzeug muss ohne eine Verbindung zu einem weiteren System (auch keine Funkverbindung) eigenständig funktionieren.		
Notes	Das Fahrzeug darf beispielsweise keine dauerhafte Verbindung zu einem Steuerrechner haben. Während der Programmierung, zu Diagnosezwecken und im RC-Modus (siehe unten) darf aber sehr wohl eine Verbindung zu einem Entwicklungsrechner hergestellt werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2010	Fahrzeugantrieb		
Requirement	Das autonome Fahrzeug muss elektrisch angetrieben werden.		
Notes	Die Anzahl der angetriebenen Räder ist nicht reglementiert.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2020	Energieversorgung		
Requirement	Die Energieversorgung des autonomen Fahrzeugs muss mit Akkus realisiert werden, die sich auf dem Fahrzeug befinden.		
Notes			
Priority	1	State	Final

REQ10.2030	Fahrzeugabmessungen		
Requirement	Für die Abmessungen des autonomen Fahrzeugs müssen folgenden Kriterien eingehalten werden: Das Fahrzeug muss vierrädrig sein und darf nur zwei Achsen haben. <ul style="list-style-type: none"> • Der Radstand muss mindestens 200 mm betragen. • Die Spurweite, gemessen von Reifenmitte zu Reifenmitte, muss mindestens 160 mm betragen. • Die Höhe fester Fahrzeugaufbauten über der Fahrbahn darf 300 mm nicht überschreiten. 		
Notes	Über den Fahrzeugaufbau hinausragende elastische Antennen sind gestattet.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2040	Lenkung		
Requirement	Das autonome Fahrzeug muss eine Zweiradlenkung der Vorderachse besitzen.		
Notes			
Priority	1	State	Final

REQ10.2050	Remote Control (RC) Modus		
Requirement	In Notsituationen muss es möglich sein, das Fahrzeug mit einer Funk-Fernbedienung anhalten und steuern zu können.		
Notes	Dies kann erforderlich werden, wenn das Fahrzeug aufgrund eines Fahrfehlers oder sonstiger Fehlfunktionen die erforderliche Aufgabe nicht mehr autonom fortführen kann.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2060	Aktivierung des RC-Modus		
Requirement	Der RC-Modus muss per Fernbedienung eingeschaltet und wieder ausgeschaltet werden können.		
Notes	Wenn der RC-Modus aktiviert wird muss das Fahrzeug unverzüglich gestoppt und das autonome Fahrverhalten deaktiviert werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2070	Fahrfunktionen im RC-Modus		
Requirement	Wenn der RC-Modus aktiviert wurde muss das Fahrzeug mit einer Fernbedienung manuell gesteuert werden.		
Notes	Im RC-Modus darf sich das Fahrzeug ausschließlich mit einer Geschwindigkeit von maximal 0,3m/s vorwärts und rückwärts bewegen. Das Fahrzeug darf dabei gelenkt werden. Weitere Funktionen sind nicht erlaubt.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2080	Bremslicht		
Requirement	Am Fahrzeugheck müssen sich drei deutlich erkennbare Bremslichter befinden.		
Notes	Es sind aktive Bremsengriffe zu signalisieren.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2090	Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker)		
Requirement	Auf jeder Seite vorne und hinten muss je eine gelb/orangene Leuchte am Fahrzeug angebracht werden. Diese sind beim Überholvorgang, beim Abbiegen oder beim Einparken auf der entsprechenden Seite blinkend zu verwenden.		
Notes	Die Blinkfrequenz muss 1Hz und ein Tastverhältnis von 50% aufweisen.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2100	Signalisierung des RC-Modus		
Requirement	Der aktive RC-Modus muss mit einer ausreichend hellen und rundum sichtbaren, blau blinkenden LED/Lampe am höchsten Punkt des Fahrzeuges signalisiert werden.		
Notes	Die Blinkfrequenz muss 1Hz und ein Tastverhältnis von 50% aufweisen.		
Priority	1	State	Final

LIM10.2110	Fahrzeugverkleidung		
Limitation	Eine gesonderte Verkleidung der Bauteile des Fahrzeugs muss nicht vorgesehen werden.		
Notes	Falls eine Fahrzeugverkleidung jedoch vorgesehen wird, muss diese jederzeit schnell abbaubar sein, damit die verwendeten Bauteile einer Prüfung unterzogen werden können.		

2.2 Anforderungen an die Fahrzeugfunktionen

2.2.1 Einparken

REQ10.2200	Paralleles Einparken		
Requirement	Das Fahrzeug soll auf einer geraden Straße - fahrend auf der rechten Straßenseite - eine passende Parklücke finden und in diese berührungslos und möglichst schnell einparken.		
Notes	<p>Folgende Randbedingungen gelten bzgl. Straße und Parklücke:</p> <p>Straße: Die Straßenlänge ist undefiniert. Die Straße ist konstant 820mm breit und an den Rändern mit durchgezogenen Linien abgegrenzt. Die zwei Fahrspuren werden durch eine gestrichelte Mittellinie geteilt. Alle Linien sind weiß und 20mm breit. Die Mittellinie ist alle 200mm durch eine 200mm Lücke unterbrochen. Parallel zur Straße verläuft auf der rechten Straßenseite ein 300mm breiter Parkstreifen, auf welchem Hindernisse aus weißem Karton stehen, die am Boden fest befestigt sein können. Deren linke Seiten befinden sich ca. 20mm von der rechten, weißen Linie des Fahrstreifens entfernt. Die Abstände zwischen den Hindernissen variieren zwischen 50mm und 300mm. Die Straße und die Parkstreifen befinden sich in der Ebene.</p> <p>Parklücke: Die in beliebiger Reihenfolge verteilten Parklücken haben eine Länge von 500, 600 oder 700mm und eine Breite von 300mm. Die Parklücke wird links von der weißen Linie der Straße abgegrenzt und rechts von einer weiteren durchgezogenen weißen Linie, die ebenfalls 20mm breit ist.</p>		

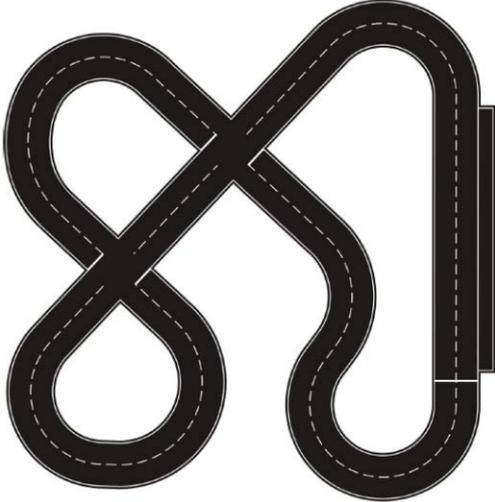
Priority	1	State	Final
-----------------	---	--------------	-------

REQ10.2210	Start des Einparkmanövers		
Requirement	Das Einparkmanöver muss durch einen Taster am Fahrzeug gestartet werden können.		
Notes	Das Fahrzeug startet auf der Straße an einer weißen 40mm breiten Startlinie.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2220	Durchführung des Einparkmanövers		
Requirement	<p>Das autonome Fahrzeug muss das Einparkmanöver in folgenden Schritten durchführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Fahrzeug fährt an den rechts stehenden Hindernissen auf der Suche nach einer ausreichend langen Parklücke entlang. • Sobald die Parklücke gefunden wurde, muss das Einparken mit dem Blinker signalisiert werden. • Beim Einparken dürfen weder die Hindernisse berührt, noch die äußerste weiße Linie auf der rechten Seite überfahren werden. 		
Notes			
Priority	1	State	Final

REQ10.2230	Erfolgreiches Einparkmanöver		
Requirement	<p>Das autonome Fahrzeug muss das Einparkmanöver so beenden, dass die folgenden Randbedingungen erfüllt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sobald das Parkmanöver beendet ist, muss das Fahrzeug parallel zur Fahrbahn und innerhalb der weißen Linien stehen. • Es ist eine max. Winkelabweichung von 5 Grad erlaubt. • Das Ende des Einparkmanövers ist durch Aufleuchten aller Fahrtrichtungsanzeiger anzuzeigen. • Der Abstand zum vorderen und hinteren Hindernis muss jeweils mindestens 10mm betragen. • Das Einparkmanöver muss innerhalb von 30 Sekunden abgeschlossen sein. 		
Notes			
Priority	1	State	Final

2.2.2 Fahrt auf einer Rundstrecke

REQ10.2300	Fahrt auf Rundstrecke		
Requirement	Das Fahrzeug soll auf einem unbekanntem Rundkurs autonom und möglichst schnell fahren können ohne dabei die Spur zu verlieren.		
Notes	<p>Der Rundkurs ist zweispurig und das Fahrzeug soll auf der rechten Spur fahren. Bei der Straße handelt es sich um die Nachbildung einer Landstraße, bestehend aus langen Geraden, schnellen Kurven, engen Serpentin und Kreuzungen. Die Straße ist konstant 820mm breit und an den Rändern mit durchgezogenen Linien abgegrenzt. Die zwei Fahrspuren werden durch eine gestrichelte Mittellinie geteilt. Alle Linien sind weiß und 20mm breit. Die Mittellinie ist alle 200mm durch eine 200mm Lücke unterbrochen. Die engste Kurve hat einen Innenradius von 1000mm. Die komplette Rundstrecke befindet sich in der Ebene. Eine Runde ist max. 200m lang.</p>		
Priority	1	State	Final

REQ10.2310	Start der Fahrt		
Requirement	Das Fahrzeug soll durch Betätigung eines Tasters am Fahrzeug gestartet werden können und unmittelbar darauf seine Fahrt aufnehmen.		
Notes	Das Fahrzeug startet auf der Straße an einer weißen 40mm breiten Startlinie.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2320	Fahrt auf Rundstrecke mit Lücken in den Begrenzungslinien		
Requirement	Das Fahrzeug soll auf einem unbekanntem Rundkurs mit Lücken in den Begrenzungslinien autonom und möglichst schnell fahren können ohne dabei die Spur zu verlieren.		
Notes	Die beiden Begrenzungslinien sowie die gestrichelte Linie zur Trennung der Fahrspuren kann an beliebiger Stelle auf einer Länge von bis zu 1000mm unterbrochen werden. Außer an Kreuzungen fehlen jedoch an jeder Stelle des Rundkurses nur maximal zwei Linien zeitgleich.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2330	Fahrt auf Rundstrecke mit statischen Hindernissen		
Requirement	Das Fahrzeug soll auf einem unbekanntem Rundkurs autonom und möglichst schnell fahren können und dabei statischen Hindernissen ausweichen.		
Notes	In diesem Szenario befinden sich an mehreren Stellen des Rundkurses jeweils statische Hindernisse auf der eigenen und gegenüberliegenden Fahrspur. Die Hindernisse erfordern einen Spurwechsel mit dem Einsatz von Fahrtrichtungsanzeigern. Alle Hindernisse bestehen aus weißen Kartons mit Abmessungen wie im Anhang angegeben. Darüber hinaus können die Kartons am Boden befestigt sein. Der minimale Abstand zwischen den Hindernissen beträgt 1000mm. Der Überholvorgang muss innerhalb von maximal 2m nach dem Passieren des Hindernisses abgeschlossen werden. Die Hindernisse dürfen nicht berührt werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2340	Verhalten an Stopp-Kreuzungen		
Requirement	Trifft das Fahrzeug bei seiner Rundfahrt an eine Stopp-Kreuzung so muss es anhalten.		
Notes	Die Kreuzung ist rechtwinklig. Das Fahrzeug muss vor einer 40mm breiten Stopp-Linie mindestens 2 Sekunden anhalten. Die Fahrzeugvorderkante muss sich dabei vor der Stopplinie befinden, darf aber nicht weiter als 15 cm von der Stopplinie entfernt sein. Anschließend kann die Kreuzung geradeaus passiert werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.2350	Fahrt auf Rundstrecke mit dynamischem Hindernis		
Requirement	Das Fahrzeug soll auf einem unbekanntem Rundkurs autonom und möglichst schnell fahren können und dabei einem dynamischen Hindernis ausweichen.		
Notes	<p>In diesem Szenario ist auf der Strecke ein dynamisches Hindernis unterwegs. Das Hindernis ähnelt von seinem Äußeren den statischen Hindernissen („fahrender weißer Karton mit den entsprechenden Abmaßen“) und kann auf der eigenen Spur oder auch an Kreuzungen auftauchen. Es bewegt sich mit einer maximalen Geschwindigkeit von 0.6 m/s auf seiner Fahrspur. Situationen, bei denen durch das dynamische Hindernis die komplette Fahrbahn blockiert wird, sind ausgeschlossen.</p> <p>Auf das Hindernis muss an Kreuzungen in Abhängigkeit der Stopplinenanordnung (Vorfahrtsberechtigung) Rücksicht genommen werden (siehe Abbildung im Anhang). Liegt eine Vorfahrtssituation vor, muss vor der Stopplinie der Kreuzung gewartet werden bis das dynamische Hindernis die Kreuzung vollständig passiert hat. In keinem Fall darf eine Kollision mit dem Hindernis auftreten.</p> <p>Auf freier Strecke darf das Hindernis überholt werden.</p>		
Priority	2	State	Final

3 Nicht-funktionale Anforderungen

3.1 Technische Anforderungen

REQ10.3100	Rapid Control Prototyping (RCP) Hardware		
Requirement	Als RCP Hardware soll die dSPACE DS1104 eingesetzt werden [2].		
Notes			
Priority	1	State	Final

REQ10.3110	Energie- und Kostenbilanz		
Requirement	Das autonome Fahrzeug soll unter den Gesichtspunkten einer günstigen Energie- und Kostenbilanz erstellt werden.		
Notes	Die verwendeten Bauteile sollten den Kostenrahmen der Hochschule nicht sprengen. Ferner sollte der Energieverbrauch möglichst gering sein.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3150	Diagnoseschnittstelle		
Requirement	Das autonome Fahrzeug soll eine Diagnoseschnittstelle in Form einer seriellen Schnittstelle besitzen.		
Notes	Die Kommunikation mit dem PC kann z.B. über RS232 oder CAN erfolgen. Über die Diagnoseschnittstelle soll es möglich sein Kennzahlen der letzten Fahrten zu einem PC zu übertragen. Ferner soll die Steuerungssoftware des Fahrzeugs über die Diagnoseschnittstelle konfiguriert werden können ohne sie komplett neu zu flashen.		
Priority	2	State	Final

REQ10.3160	Verteilung der Steuer- / Regelalgorithmen auf mehrere Steuergeräte		
Requirement	Das autonome Fahrzeug soll technisch über ein verteiltes System bestehend aus mehreren Mikrocontrollern, die untereinander über ein Bussystem kommunizieren, realisiert werden.		
Notes	Für die Kommunikation der Mikrocontroller ist ein geeignetes Bussystem (z.B. CAN-Bus) zu wählen.		
Priority	2	State	Final

REQ10.3170	Lernen der Rundstrecke		
Requirement	Das autonome Fahrzeug soll bei mehreren Rundfahrten auf der gleichen Rundstrecke seine Umlaufzeiten verkürzen können, indem es Streckeninformationen „lernt“.		
Notes	Beispielsweise könnten Position und Steilheit von Kurven oder fehlende Begrenzungslinien oder auch die Position statischer Hindernisse gespeichert werden, so dass diese bei einer erneuten Rundfahrt in die Berechnung der maximal möglichen Geschwindigkeit einbezogen werden können.		
Priority	2	State	Final

3.2 Toolanforderungen

3.2.1 Projektorganisation

REQ10.3200	Projektplanung		
Requirement	Für die Detailplanung des Projekts soll MS Project eingesetzt werden.		
Notes	MS Projekt ist auf der eLearning-Plattform der HSHL zu finden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3210	Versionsverwaltung		
Requirement	Alle in dem Projekt anfallenden Dateien sollen in dem Versionsverwaltungssystem „Subversion“ (SVN) abgelegt werden.		
Notes	Unter die Versionsverwaltung sollen sowohl alle erstellten Dokumente als auch Quellcode-Dateien und zugehörige Projektdateien gestellt werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3220	Ablagestruktur für Versionsverwaltung		
Requirement	Für die Ablage von Dateien im Versionsverwaltungssystem soll eine geeignete Ablagestruktur definiert werden.		
Notes	Die Ablagestruktur könnte beispielsweise unterscheiden zwischen Projektdokumenten und Quelldateien. Die Quelldateien könnte man wieder in unterschiedliche Teilprojekte zerlegen.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3230	Anforderungsmanagement		
Requirement	Es sollen IBM Rational Doors für das Anforderungsmanagement eingesetzt werden.		
Notes			
Priority	1	State	Final

3.2.2 Realisierung von Software

REQ10.3240	Realisierung von Steuer- und Regelungsalgorithmen		
Requirement	Für die Realisierung von Steuer- und Regelungsalgorithmen soll Matlab/Simulink zusammen mit dem Embedded Coder (vormals RTW) eingesetzt werden.		
Notes			
Priority	1	State	Final

REQ10.3250	Modellierung der System- und Softwarearchitektur		
Requirement	Es sollen geeignete Werkzeuge zur Modellierung der System- und Softwarearchitektur eingesetzt werden.		
Notes	Als Vorschlag wird hier MS Visio für Use Cases sowie Grob- und Feindesign empfohlen. Als weiteres Tool könne IBM Rational Rhapsody eingesetzt werden. Wenn die System- und Softwarearchitektur nach AUTOSAR (auch nur teilweise) beschrieben werden soll, dann ist SystemDesk + Offline Simulation zu empfehlen. Eine Generierung von AUTOSAR-konformem C-Code kann aus Matlab/Simulink auch mittels TargetLink durchgeführt werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3260	Tools für Softwareentwicklung		
Requirement	Es sollen geeignete Werkzeuge für die Softwareentwicklung eingesetzt werden.		
Notes	Als PC Entwicklungsumgebung wird hier MS Visual Studio empfohlen. Entwicklungsumgebungen für ausgesuchte Mikrocontroller (z.B. AVR Studio) müssen geeignet gewählt werden.		
Priority	1	State	Final

3.2.3 Qualitätssicherung

REQ10.3270	Unit-Tests		
Requirement	Für die entwickelte Software bzw. die Steuer- und Regelungsalgorithmen müssen geeignete Unit-Tests erstellt werden.		
Notes	Mit Unit-Tests sollen einzelne Funktionseinheiten separat getestet werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3275	Integrationstests		
Requirement	Für die entwickelte Software bzw. die Steuer- und Regelungsalgorithmen muss ein Konzept für den Integrationstest erstellt werden.		
Notes	Das Konzept für den Integrationstest soll beschreiben anhand welcher Testfälle das Gesamtsystem getestet wird.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3280	Coding Guidelines		
Requirement	Bei der Softwareentwicklung in C / C++ sollen Richtlinien bzgl. der Codegestaltung und Namenskonventionen eingehalten werden.		
Notes	Die Coding Guidelines werden zur Verfügung gestellt.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3285	Code-Metriken		
Requirement	Es sollen geeignete Werkzeuge zur Erstellung von Code-Metriken eingesetzt werden		
Notes	Hier sollte QA-C [6] verwendet werden.		
Priority	1	State	Final

REQ10.3290	Dokumentation von Software		
Requirement	Es sollen geeignete Werkzeuge für die Dokumentation des erstellten Quellcodes eingesetzt werden.		
Notes	Empfohlen wird LaTeX und ggf. Doxygen [3].		
Priority	1	State	Final

Anhang A – Abbildungen



Abbildung 2. Abmessungen der Straße

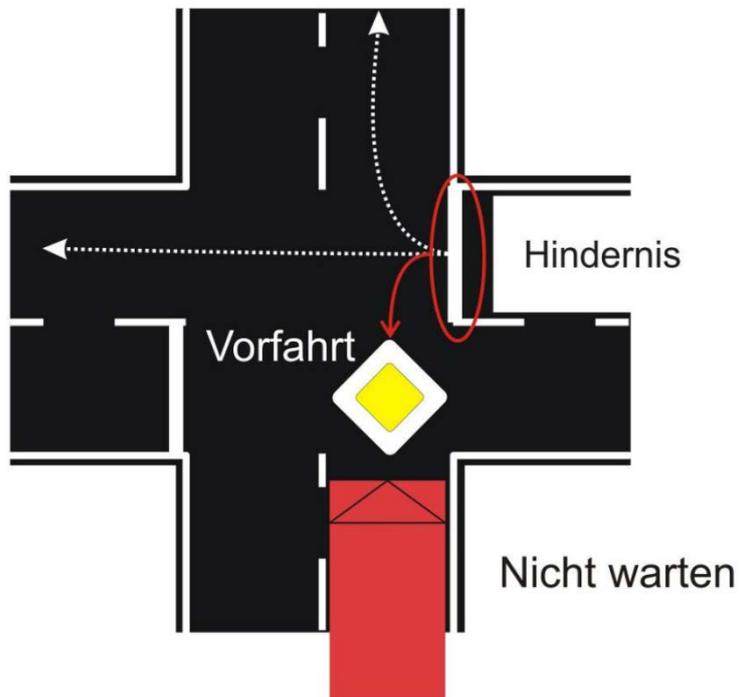


Abbildung 5. Dynamische Hindernisse an Kreuzungen – Vorfahrtsstraße

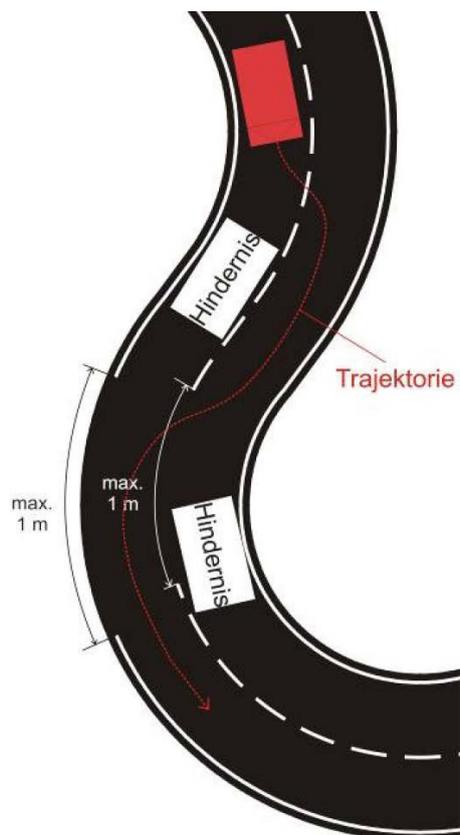


Abbildung 6. Beispiel für das Ausweichen eines Hindernisses und fehlende Begrenzungslinien

Referenzen

- [1] Carolo-Cup, <http://www.carolo-cup.de/>, 2014.
- [2] dSPACE DS1104, <http://www.dspace.com/en/pub/home/products/hw/singbord/ds1104.cfm>, 2013.
- [3] Doxygen, www.doxygen.org, 2013.
- [4] C++ Programming Style Guidelines, <http://geosoft.no/development/cppstyle.html>, 2013.
- [5] C and C++ Code Counter (CCCC), <http://cccc.sourceforge.net/>, 2013.
- [6] QA-C, <http://www.qasystems.de/qac>, 2013.