

# **Lastenheft des autonomen Logistik-Fahrzeugs**

**Version 4.0**

Autor des Dokuments	Giuliano Montorio, Hannes Dittmann	Erstellt am	09.03.2020
Dateiname	Lastenheft		
Seitenanzahl	17	© 2020 Montorio/Dittmann, <i>Hochschule Bochum/ Hamm-Lippstadt</i>	

## Historie der Dokumentversionen

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
1.0	09.03.2020	Hannes Dittmann	Ersterstellung Anforderungen
2.0	30.04.2020	GM & HD	Überarbeitung Anforderungen
2.1	07.06.2020	Hannes Dittmann	Überarbeitung Anforderungen
3.0	22.06.2020	GM & HD	Bemerkungen AB
4.0	30.07.2020	HD	Hinzufügen Anforderungen

## Inhaltsverzeichnis

Historie der Dokumentversionen.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	2
1. Einleitung .....	4
1.1 Allgemeines.....	4
1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments .....	4
1.1.2 Abkürzungen.....	4
1.2 Verteiler und Freigabe.....	5
1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft.....	5
1.3 Reviewvermerke .....	5
1.4 Projektziele .....	5
1.5 Ziele und Nutzen des Anwenders .....	5
1.6 Systemvoraussetzungen.....	5
2. Beschreibung der Anforderungen an die Masterprojekte .....	6
2.1 Sprachaufnahme per manueller Betätigung .....	6
2.1.1 Beschreibung .....	6
2.1.2 Wechselwirkungen .....	6
2.1.3 Risiken.....	6
2.1.4 Testhinweise .....	6
2.1.5 Grobschätzung des Aufwands.....	6
2.2 Erzeugen und Bereitstellen einer Tonspur.....	6
2.2.1 Beschreibung .....	6
2.2.2 Wechselwirkungen .....	6
2.2.3 Risiken.....	6
2.2.4 Testhinweise .....	6
2.2.5 Grobschätzung des Aufwands.....	6
2.3 Erkennung und Klassifizierung von bedienungsorientierter Sprache des Benutzers .....	7
2.3.1 Beschreibung .....	7
2.3.2 Wechselwirkungen .....	7
2.3.3 Risiken.....	7
2.3.4 Testhinweise .....	7
2.3.5 Grobschätzung des Aufwands.....	7
2.4 Erkennen von benutzerdefinierten Schlagwörtern .....	7
2.4.1 Beschreibung .....	7
2.4.2 Wechselwirkungen .....	7
2.4.3 Risiken.....	7
2.4.4 Testhinweise .....	7
2.4.5 Grobschätzung des Aufwands.....	7

2.5	Erhöhung der Stufe für Autonomes Fahren .....	8
2.5.1	Beschreibung .....	8
2.5.2	Wechselwirkungen .....	8
2.5.3	Risiken.....	8
2.5.4	Testhinweise .....	8
2.5.5	Grobschätzung des Aufwands.....	8
2.6	Erkennen und Unterscheiden von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik .....	9
2.6.1	Beschreibung .....	9
2.6.2	Wechselwirkungen .....	9
2.6.3	Risiken.....	9
2.6.4	Testhinweise .....	9
2.6.5	Grobschätzung des Aufwands.....	9
2.7	Wiedererkennung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik nach einer definierten Zeit .....	9
2.7.1	Beschreibung .....	9
2.7.2	Wechselwirkungen .....	9
2.7.3	Risiken.....	9
2.7.4	Testhinweise .....	9
2.7.5	Grobschätzung des Aufwands.....	9
2.8	Wiedererkennung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik innerhalb einer vorgegebenen Zeit.....	10
2.8.1	Beschreibung .....	10
2.8.2	Wechselwirkungen .....	10
2.8.3	Risiken.....	10
2.8.4	Testhinweise .....	10
2.8.5	Grobschätzung des Aufwands.....	10
2.9	Registrierung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik innerhalb einer vorgegebenen Zeit.....	10
2.9.1	Beschreibung .....	10
2.9.2	Wechselwirkungen .....	10
2.9.3	Risiken.....	11
2.9.4	Testhinweise .....	11
2.9.5	Grobschätzung des Aufwands.....	11
2.10	Risikominimaler Zustand .....	11
2.10.1	Beschreibung .....	11
2.10.2	Wechselwirkungen .....	11
2.10.3	Risiken.....	11
2.10.4	Testhinweise .....	11
2.10.5	Grobschätzung des Aufwands.....	11
3.	Beschreibung der Anforderungen an das Fahrzeug .....	11
3.1	Kartographierung der Umgebung mit Bewegungsvorgabe durch den Benutzer .....	11
3.1.1	Beschreibung .....	11
3.1.2	Wechselwirkungen .....	12
3.1.3	Risiken.....	12
3.1.4	Testhinweise .....	12
3.1.5	Grobschätzung des Aufwands.....	12
3.2	Kartographieren der Umgebung ohne Bewegungsvorgabe durch den Benutzer .....	13
3.2.1	Beschreibung .....	13

3.2.2	Wechselwirkungen .....	14
3.2.3	Risiken.....	14
3.2.4	Testhinweise .....	14
3.2.5	Grobschätzung des Aufwands.....	14
3.3	Posenschätzung in vorhandener statischer Karte .....	14
3.3.1	Beschreibung .....	14
3.3.2	Wechselwirkungen .....	14
3.3.3	Risiken.....	14
3.3.4	Testhinweise .....	14
3.3.5	Grobschätzung des Aufwands.....	14
3.4	Anfahren einer vom Benutzer vorgegebenen Zielpose .....	14
3.4.1	Beschreibung .....	15
3.4.2	Wechselwirkungen .....	15
3.4.3	Risiken.....	15
3.4.4	Testhinweise .....	15
3.4.5	Grobschätzung des Aufwands.....	15
3.5	Autonomes Fahren durch enge Passagen .....	15
3.5.1	Beschreibung .....	15
3.5.2	Wechselwirkungen .....	15
3.5.3	Risiken.....	15
3.5.4	Testhinweise .....	15
3.5.5	Grobschätzung des Aufwands.....	15
4.	Verifikationsplan .....	15
5.	Quellenverzeichnis .....	16

# 1. Einleitung

## 1.1 Allgemeines

### 1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments

Dieses Dokument führt Anforderungen gegen das Projekt „ALFONS“ am autonomen Logistik-Fahrzeug auf. Weiterhin werden Risiken und die Verifikation jeder Anforderung erläutert. Zweck dieses Dokumentes ist es, alle an das Projekt gestellten Anforderungen festzuhalten, um diese im Nachhinein validieren und verifizieren zu können.

Dieses Dokument ist lösungsneutral gehalten und beinhaltet keine Vorgaben zu Terminen, Budgets und Systementwürfen.

### 1.1.2 Abkürzungen

ALF	Autonomes Logistik-Fahrzeug
ROS	Robot Operating System
IMU	Inertial Measurement Unit
DVI	Digital Visual Interface
USB	Universal Serial Bus

## 1.2 Verteiler und Freigabe

### 1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle / Rollen	Name	E-Mail	Bemerkungen
Projektleiter	Giuliano Montorio	giuliano.montorio@hs-bochum.de	
Stellv. Projektleiter	Hannes Dittmann	hannes.dittmann@stud.hshl.de	
Auftraggeber/ Betreuender Professor	Arno Bergmann	Arno.bergmann@hs-bochum.de	
Betreuender Professor	Mirek Göbel	Mirek.Göbel@hshl.de	
Betreuer Smart Mechatronics GmbH	Christoph Krimpmann	Christoph.Krimpmann@smartmechatronics.de	
Betreuer Smart Mechatronics GmbH	Bernd Möllenbeck	Bernd.Moellenbeck@smartmechatronics.de	

## 1.3 Reviewvermerke

## 1.4 Projektziele

Ziel ist es, den Automatisierungsgrad des autonomen Logistik-Fahrzeugs zu erhöhen und die Implementation von weiteren Funktionen. Die Ergebnisse werden in einer schriftlichen Ausarbeitung festgehalten. Das finale Gesamtsystem beinhaltet alle nötigen Komponenten für den Betrieb des autonomen Logistik-Fahrzeug.

## 1.5 Ziele und Nutzen des Anwenders

Das autonome Logistik-Fahrzeug ist zur körperlichen Entlastung des Anwenders vorgesehen. Schwere Lasten werden von ALF transportiert.

ALF dient als Entwicklungsplattform für diverse Folgeprojekte im Fachgebiet der Robotik. Es kann beispielsweise eine autonome Vermessung der Umgebung durchgeführt werden, ein selbständiger Transport zum Ziel, das Verfolgen des Anwenders oder Erkennung von Spracheingaben.

## 1.6 Systemvoraussetzungen

Die im Vorgängerprojekt RALF entwickelten Lösungen, dienen als Grundlage für das Projekt „ALFONS“. Für den Ansatz der modellbasierten Entwicklung wird die CONSENS-Methode und die Entwicklungssoftware MATLAB/Simulink der Firma Mathworks sowie die Programmiersprache Python verwendet.

## 2. Beschreibung der Anforderungen an die Masterprojekte

### 2.1 Sprachaufnahme per manueller Betätigung

Nr. / ID	ANF_01	Nichttechnischer Titel	Sprachaufnahme			
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch	

#### 2.1.1 Beschreibung

Der Benutzer muss die Aufnahme des Sprachsignals per manueller Betätigung starten können. Das System darf nicht dauerhaft ein Signal der Umgebung aufnehmen.

#### 2.1.2 Wechselwirkungen

Keine.

#### 2.1.3 Risiken

Keine.

#### 2.1.4 Testhinweise

Keine.

#### 2.1.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

### 2.2 Erzeugen und Bereitstellen einer Tonspur

Nr. / ID	ANF_02	Nichttechnischer Titel	Bereitstellen einer Tonspur			
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch	

#### 2.2.1 Beschreibung

Durch die manuelle Betätigung aus ANF\_01 muss eine Audio Aufnahme von 5 Sekunden gestartet werden. Die Aufnahme muss im vorhandenen ROS-Netzwerk und als WAV Datei bereitgestellt werden.

#### 2.2.2 Wechselwirkungen

Die Tonspur ist abhängig von der Umgebungslautstärke, Entfernung des Sprechers zum Mikrofon, Qualität des Mikrofons, Aussprache, Lautstärke, Sprechfehler und Akzent des Benutzers bzw. Sprechers.

#### 2.2.3 Risiken

Keine

#### 2.2.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrten Gelände durchgeführt werden um keine Personen zu gefährden.

#### 2.2.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 2.3 Erkennung und Klassifizierung von bedienungsorientierter Sprache des Benutzers

<b>Nr. / ID</b>	ANF_03	<b>Nichttechnischer Titel</b>	Spracherkennung		
<b>Quelle</b>		<b>Verweise</b>		<b>Priorität</b>	Hoch

### 2.3.1 Beschreibung

Das ALF soll englische, bedienungsorientierte Sprache über einen Zeitraum von 5 s erkennen und die zugehörige Transkription und Klassifizierungen in das ROS-Netzwerk veröffentlichen. Die bedienungsorientierte Spracheingabe wird in 8 aus 10 Fällen richtig klassifiziert. Als „bedienungsorientiert“ gelten die Wortgruppen aus der Datei „Daten/Datensatz.json“. Die Datenpunkte besitzen eine Wortgruppe und ein Label.

### 2.3.2 Wechselwirkungen

Eine korrekte Transkription ist abhängig von der Umgebungslautstärke, Entfernung zum Mikrofon, Qualität des Mikrofons, Aussprache, Lautstärke, Sprechfehler und Akzent des Benutzers bzw. Sprechers. Von der Transkription hängt die Klassifikation ab.

### 2.3.3 Risiken

Keine.

### 2.3.4 Testhinweise

Zur Evaluation werden von verschiedenen Benutzern oder synthetischen Stimmen bedienungsorientierte Wortgruppen ausgesprochen und anschließend ausgewertet.

### 2.3.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 2.4 Erkennen von benutzerdefinierten Schlagwörtern

<b>Nr. / ID</b>	ANF_04	<b>Nichttechnischer Titel</b>	Schlagworterkennung		
<b>Quelle</b>		<b>Verweise</b>		<b>Priorität</b>	Mittel

### 2.4.1 Beschreibung

Die Schlagwörter aus der benutzerdefinierten Schlagwortliste müssen in 8 von 10 Fällen aus der Tonspur (vgl. ANF\_02) erkannt werden. Die Schlagwörter sind der Datei „Daten/Buzzwords.json“ zu entnehmen.

### 2.4.2 Wechselwirkungen

Die Erkennung ist abhängig von dem Transkript eines Spracherkennungssystems.

### 2.4.3 Risiken

Falsche Schlagwörter können zu falschen Zielposen führen.

### 2.4.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrten Gelände durchgeführt werden um keine Personen zu gefährden.

### 2.4.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 2.5 Erhöhung der Stufe für Autonomes Fahren

Nr. / ID	ANF_05	Nichttechnischer Titel	Erhöhung der Stufe für Autonomes Fahren		
Quelle		Verweise		Priorität	Niedrig

### 2.5.1 Beschreibung

Erhöhung des Automatisierungsgrades, mit nachfolgender Tabelle als Bezug, auf Level 5. Der risikominimale Systemzustand beinhaltet den Stillstand sowie die Manövrierunfähigkeit des Fahrzeugs, bis eine Quittierung durch den Benutzer erfolgt.

SAE Level	Name	Ausführung von Fahrbefehlen	Erfassung der Umgebung	Fallback Performance	Systemauswirkung
Benutzer überwacht die Fahrumgebung					
0	Keine Automatisierung	Benutzer	Benutzer	Benutzer	k.A.
1	Assisitiert	Benutzer & System	Benutzer	Benutzer	Einige Fahrmodi
2	Teilautomatisiert	System	Benutzer	Benutzer	Einige Fahrmodi
Automatisiertes System - System überwacht Fahrumgebung					
3	Bedingte Automatisierung	System	System	Benutzer	Einige Fahrmodi
4	Hochautomatisiert	System	System	System	Einige Fahrmodi
5	Vollautomatisiert (autonom)	System	System	System	Alle Fahrmodi

Abbildung 1: Auszug aus SAE J3016 Norm.

### 2.5.2 Wechselwirkungen

Keine.

### 2.5.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen.

### 2.5.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrtem Gelände durchgeführt werden, um keine Personen zu gefährden.

### 2.5.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.



## 2.6 Erkennen und Unterscheiden von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik

<b>Nr. / ID</b>	ANF_06	<b>Nichttechnischer Titel</b>	Personenerkennung		
<b>Quelle</b>		<b>Verweise</b>		<b>Priorität</b>	Hoch

### 2.6.1 Beschreibung

Das ALF muss Personen erkennen, die vollständig von der dafür vorgesehenen Sensorik erfasst werden. Als vollständig wird eine Person von Kopf, inklusive Gesicht, bis Fuß definiert. Somit werden in dem Sichtbereich der Sensorik 9 von 10 Personen erkannt und unterschieden. Personen werden maximal auf eine Entfernung von 4,70 m erkannt und unterschieden.

### 2.6.2 Wechselwirkungen

Ein korrektes Erkennen und Unterscheiden ist abhängig von den Lichtverhältnissen, Entfernung zur Kamera, Ausrichtung der Person, Bildqualität und der Dauer des Aufenthalts in dem entsprechenden Sichtbereich der Sensorik. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 2.6.3 Risiken

Keine.

### 2.6.4 Testhinweise

Keine.

### 2.6.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 2.7 Wiedererkennung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik nach einer definierten Zeit

<b>Nr. / ID</b>	ANF_07	<b>Nichttechnischer Titel</b>	Personenwiedererkennung nach Zeitraum		
<b>Quelle</b>		<b>Verweise</b>		<b>Priorität</b>	Hoch

### 2.7.1 Beschreibung

Das ALF muss Personen nach 1 Monat wiedererkennen, die vollständig von der dafür vorgesehenen Sensorik erfasst werden. Als vollständig wird eine Person von Kopf, inklusive Gesicht, bis Fuß definiert. Somit werden in dem Sichtbereich der Sensorik 9 von 10 Personen erkannt und unterschieden. Personen werden maximal auf eine Entfernung von 4,70 m erkannt und unterschieden.

### 2.7.2 Wechselwirkungen

Ein korrektes Erkennen und Unterscheiden ist abhängig von den Lichtverhältnissen, Entfernung zur Kamera, Ausrichtung der Person, Bildqualität und der Dauer des Aufenthalts in dem entsprechenden Sichtbereich der Sensorik. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 2.7.3 Risiken

Keine.

### 2.7.4 Testhinweise

Keine.

### 2.7.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 2.8 Wiedererkennung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik innerhalb einer vorgegebenen Zeit

Nr. / ID	ANF_08	Nichttechnischer Titel	Personenwiedererkennung innerhalb vorgegebener Zeit		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 2.8.1 Beschreibung

Das ALF muss registrierte Personen innerhalb von 3 Sekunden wiedererkennen, die vollständig von der dafür vorgesehenen Sensorik erfasst werden. Eine Person gilt als registriert, wenn sie den Registrierungsprozess durch das ALF durchgeführt hat. Als vollständig wird eine Person von Kopf, inklusive Gesicht, bis Fuß definiert. Somit werden in dem Sichtbereich der Sensorik 9 von 10 Personen in der vorgegebenen Zeit erkannt und unterschieden. Personen werden maximal auf eine Entfernung von 4,70 m erkannt und unterschieden.

### 2.8.2 Wechselwirkungen

Eine Wiedererkennung ist abhängig von den Lichtverhältnissen, Entfernung zur Kamera, Auslastung des Computers, Ausrichtung der Person, Bildqualität und der Dauer des Aufenthalts in dem entsprechenden Sichtbereich der Sensorik. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 2.8.3 Risiken

Keine.

### 2.8.4 Testhinweise

Keine.

### 2.8.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 2.9 Registrierung von Personen in Reichweite der vorgesehenen Sensorik innerhalb einer vorgegebenen Zeit

Nr. / ID	ANF_09	Nichttechnischer Titel	Personenerkennung innerhalb vorgegebener Zeit		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 2.9.1 Beschreibung

Das ALF muss nicht registrierte Personen innerhalb von 5 Sekunden zu einer Registrierung auffordern, die vollständig von der dafür vorgesehenen Sensorik erfasst werden. Eine Person gilt als registriert, wenn sie den Registrierungsprozess durch das ALF durchgeführt hat. Als vollständig wird eine Person von Kopf, inklusive Gesicht, bis Fuß definiert. Somit werden in dem Sichtbereich der Sensorik 9 von 10 Personen in der vorgegebenen Zeit erkannt und unterschieden. Personen werden maximal auf eine Entfernung von 4,70 m erkannt und unterschieden.

### 2.9.2 Wechselwirkungen

Eine Wiedererkennung ist abhängig von den Lichtverhältnissen, Entfernung zur Kamera, Auslastung des Computers, Ausrichtung der Person, Bildqualität und der Dauer des Aufenthalts in dem entsprechenden Sichtbereich der Sensorik. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 2.9.3 Risiken

Keine.

### 2.9.4 Testhinweise

Keine.

### 2.9.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 2.10 Risikominimaler Zustand

Nr. / ID	ANF_15	Nichttechnischer Titel	Risikominimaler Zustand		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 2.10.1 Beschreibung

Das ALF darf im risikominimalen Zustand keine Bewegungsvorgaben umsetzen. Ebenfalls wird das ROS-Netzwerk ausgeschaltet.

### 2.10.2 Wechselwirkungen

Das ALF kann im risikominimalen Zustand keine Bewegungsvorgaben umsetzen.

### 2.10.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen.

### 2.10.4 Testhinweise

Keine.

### 2.10.5 Grobschätzung des Aufwands

Hoch.

## 3. Beschreibung der Anforderungen an das Fahrzeug

### 3.1 Kartographierung der Umgebung mit Bewegungsvorgabe durch den Benutzer

Nr. / ID	ANF_10	Nichttechnischer Titel	Kartographieren der Umgebung mit Bewegungsvorgabe durch den Benutzer		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 3.1.1 Beschreibung

Das ALF muss seine Umgebung mit Bewegungsvorgabe durch den Benutzer und einem SLAM-Algorithmus kartographieren können. Objekte die erkannt werden müssen, haben eine Breite von mindestens 1 cm und befinden sich in den von den Distanzen  $x_1$  und  $x_2$  abhängigen Bereichen. Die Bereiche sind durch die Höhen  $h_1(x_1)$  und  $h_2(x_2)$  begrenzt. Die Bereichsgrenzen  $h_1(x_1)$  und  $h_2(x_2)$  werden von der Kontaktfläche der Räder mit dem Boden gemessen. Die distanzabhängigen Bereichsgrenzen vor und hinter dem ALF werden folgendermaßen berechnet:

$$h_1(x_1) = \pm 0,168 x_1 + 87 \text{ cm mit } 60 \text{ cm} < x_1 < 470 \text{ cm}$$

$$h_2(x_2) = \pm 0,168 x_2 + 87 \text{ cm mit } 60 \text{ cm} < x_2 < 470 \text{ cm.}$$

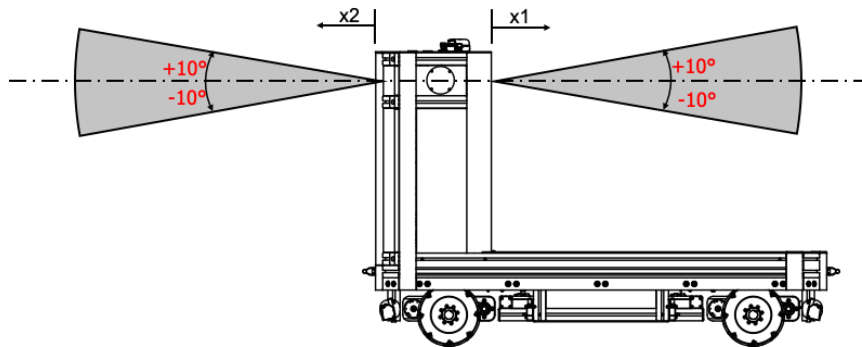


Abbildung 2: Seitenansicht des ALF. Der Bereich in welchem Objekte erkannt werden müssen, ist skizzenhaft dargestellt

Die Breite der Bereiche wird durch einen Öffnungswinkel von  $\pm 35^\circ$  bzgl. der sagittalen Achse des Fahrzeugs vorgegeben. Die Bereiche in denen Objekte erkannt werden sind schemenhaft in Abbildung 1 und 2 zu sehen.

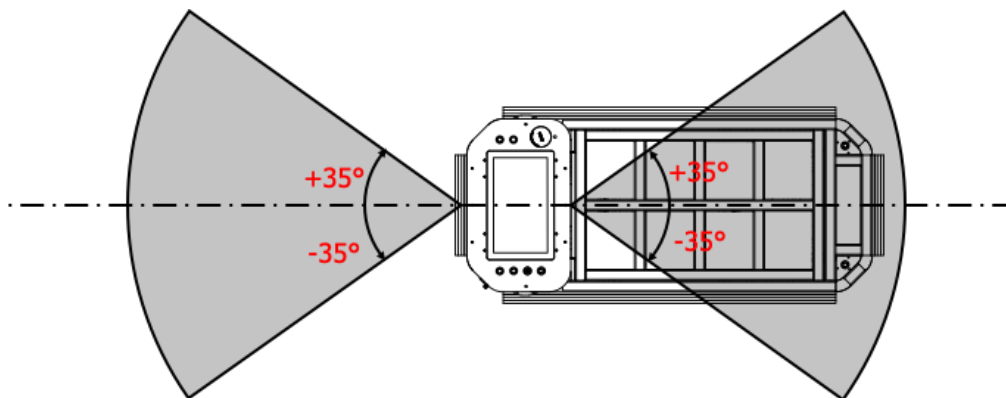


Abbildung 3: Draufsicht des ALF. Der Bereich in welchem Objekte erkannt werden müssen, ist skizzenhaft dargestellt.

Die Maße zwischen erkannten, in statischer Karte eingetragenen Objekten und in den dazugehörigen realen Objekten dürfen sich bis zu  $\pm 10 \text{ cm}$  unterscheiden.

### 3.1.2 Wechselwirkungen

Keine.

### 3.1.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 3.1.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrtem Gelände durchgeführt werden um keine Personen zu gefährden. Die maximale Drehzahl muss bei dem Kartographierungsprozess auf  $500 \text{ min}^{-1}$  eingestellt werden

### 3.1.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 3.2 Kartographieren der Umgebung ohne Bewegungsvorgabe durch den Benutzer

Nr. / ID	ANF_11	Nichttechnischer Titel	Kartographieren der Umgebung ohne Bewegungsvorgabe durch den Benutzer
Quelle		Verweise	

### 3.2.1 Beschreibung

Das ALF muss seine Umgebung ohne Bewegungsvorgabe durch den Benutzer Kartographieren können. Objekte die erkannt werden müssen, haben eine Breite von mindestens 1 cm und befinden sich in den von den Distanzen  $x_1$  und  $x_2$  abhängigen Bereichen. Die Bereiche sind durch die Höhen  $h_1(x_1)$  und  $h_2(x_2)$  begrenzt. Die Bereichsgrenzen  $h_1(x_1)$  und  $h_2(x_2)$  werden von der Kontaktfläche der Räder mit dem Boden gemessen. Die distanzabhängigen Bereichsgrenzen vor und hinter dem ALF werden folgendermaßen berechnet:

$$h_1(x_1) = \pm 0,168 x_1 + 87 \text{ cm mit } 60 \text{ cm} < x_1 < 470 \text{ cm}$$

$$h_2(x_2) = \pm 0,168 x_2 + 87 \text{ cm mit } 60 \text{ cm} < x_2 < 470 \text{ cm.}$$

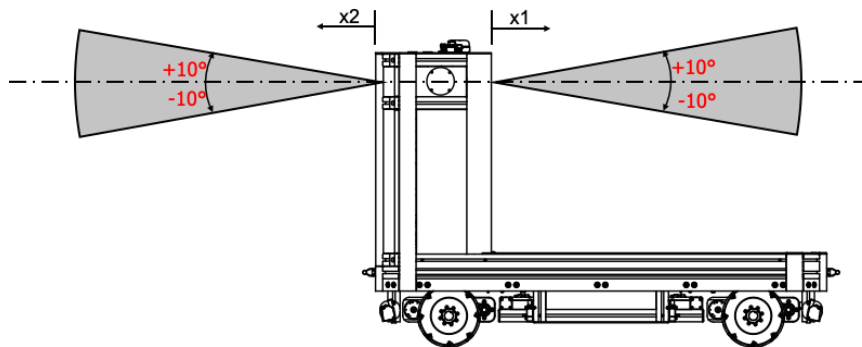


Abbildung 4: Seitenansicht des ALF. Der Bereich in welchem Objekte erkannt werden müssen, ist skizzenhaft dargestellt

Die Breite der Bereiche wird durch einen Öffnungswinkel von  $\pm 35^\circ$  bzgl. der sagittalen Achse des Fahrzeugs vorgegeben. Die Bereiche in denen Objekte erkannt werden sind schemenhaft in Abbildung 1 und 2 zu sehen.

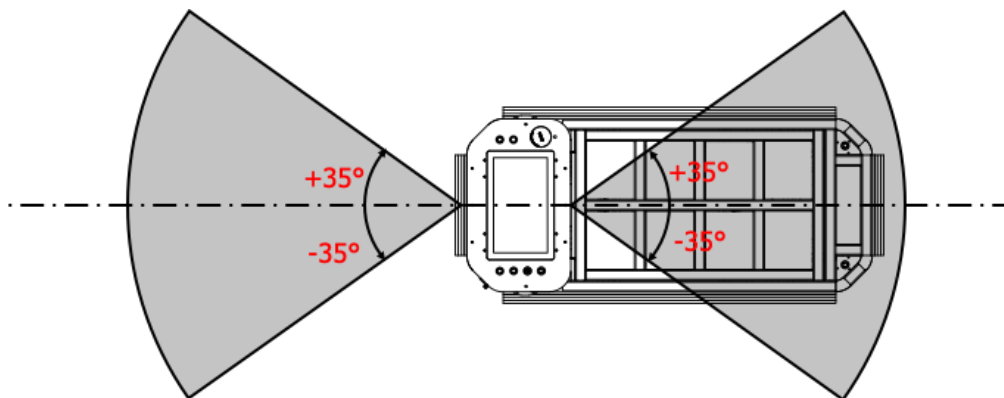


Abbildung 5: Draufsicht des ALF. Der Bereich in welchem Objekte erkannt werden müssen, ist skizzenhaft dargestellt.

Die Maße zwischen erkannten, in statischer Karte eingetragenen Objekten und in den dazugehörigen realen Objekten dürfen sich bis zu  $\pm 10$  cm unterscheiden.

### 3.2.2 Wechselwirkungen

Keine.

### 3.2.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 3.2.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrtem Gelände durchgeführt werden, um keine Personen zu gefährden. Die maximale Drehzahl muss bei dem Kartographierungsprozess auf  $500 \text{ min}^{-1}$  eingestellt werden.

### 3.2.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 3.3 Posenschätzung in vorhandener statischer Karte

Nr. / ID	ANF_12	Nichttechnischer Titel	Posenschätzung in vorhandener Karte		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 3.3.1 Beschreibung

Posenschätzung in einer vorhandenen statischen Karte. Die Posenschätzung des ALFs wird mit den Messfehlern  $\pm 20$  cm und  $\pm 5^\circ$  durchgeführt und in das vorhandene ROS-Netzwerk veröffentlicht.

### 3.3.2 Wechselwirkungen

Die Posenschätzung hängt von der Beschaffenheit der Umgebung und der verwendeten Sensorik ab. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 3.3.3 Risiken

Keine.

### 3.3.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrtem Gelände durchgeführt werden, um keine Personen zu gefährden.

### 3.3.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 3.4 Anfahren einer vom Benutzer vorgegebenen Zielpose

Nr. / ID	ANF_13	Nichttechnischer Titel	Anfahren einer vom Benutzer vorgegebenen Zielpose		
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch

### 3.4.1 Beschreibung

Das ALF fährt eine vom Benutzer definierte Zielpose an ohne Kollision mit Objekten jeglicher Art und einer Vorgabe der Bewegung durch den Benutzer. Vor dem Anfahren der Zielpose müssen Hindernisse im Umkreis von 2m, bezogen auf das Fahrzeugzentrum, auf der Costmap eingetragen sein. Die erreichte Zielpose hat von der vorgegebenen Zielpose eine relative Abweichung von maximal  $\pm 20$  cm und  $\pm 5^\circ$

### 3.4.2 Wechselwirkungen

Die Zielpose muss mit den Dimensionen des Roboters erreichbar sein, eventuelle Drehungen müssen hierbei berücksichtigt werden. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 3.4.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen.

### 3.4.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrten Gelände durchgeführt werden um keine Personen zu gefährden. Die Genauigkeit wird anhand der Entfernung zum Ziel und der Abweichung des Zielposenwinkels gemessen.

### 3.4.5 Grobschätzung des Aufwands

Mittel.

## 3.5 Autonomes Fahren durch enge Passagen

Nr. / ID	ANF_14	Nichttechnischer Titel	Autonomes Fahren durch enge Passagen			
Quelle		Verweise		Priorität	Hoch	

### 3.5.1 Beschreibung

Ein autonomes durchfahren von engen Passagen wird umgesetzt. Im Kontext dieses Vorgangs wird „eng“ folgendermaßen definiert: Kleiner als Fahrzeuglänge und breiter als Fahrzeugbreite + 10cm.

### 3.5.2 Wechselwirkungen

Keine.

### 3.5.3 Risiken

Da es sich um ein Konzeptfahrzeug handelt, kann es zu unvorhergesehenen Planen und Abfahren von Trajektorien kommen. Reflektionen von Oberflächen können zu Messfehlern führen.

### 3.5.4 Testhinweise

Die Tests sollten auf abgesperrten Gelände durchgeführt werden um keine Personen zu gefährden.

### 3.5.5 Grobschätzung des Aufwands

Gering.

## 4. Verifikationsplan

Der Verifikationsplan ist aus Gründen der Bearbeitbarkeit in einem externen PDF aufgeführt.

## 5. Quellenverzeichnis