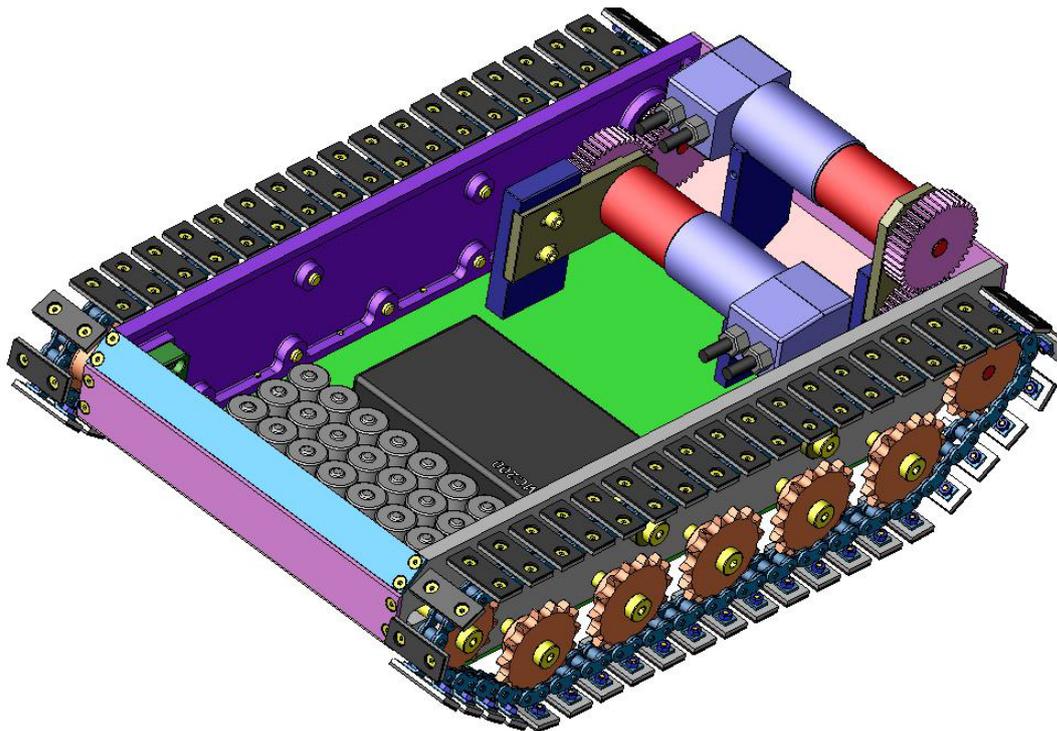




# Titel Projektarbeit



Stefan Mustermann  
Clemens Beispiel  
Andreas Muster

[Mustermann@gmx.de](mailto:Mustermann@gmx.de)  
[Beispiel@web.de](mailto:Beispiel@web.de)  
[Muster@web.de](mailto:Muster@web.de)

0751/4911  
07572/12345  
0711/54321

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Tim Nosper

Beginn: 01.01.2006

Abgabe: 01.01.2006

**Wintersemester 2005/2006**



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
1.1 AUFGABENSTELLUNG DER PROJEKTARBEIT .....	3
1.2 ZIELSETZUNG: .....	3
<b>2. PLANUNG .....</b>	<b>4</b>
2.1 PROJEKTPLAN .....	4
2.2 Graphische Darstellung	
<b>3. KLÄREN DER AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
3.1 ANFORDERUNGSLISTE.....	6
<b>4. CHASSIS UND ANTRIEB.....</b>	<b>7</b>
4.1 AUSARBEITUNG DER EINZELKOMPONENTEN .....	7
4.2 FESTLEGUNG UND BEWERTUNG DER VARIANTEN .....	7
4.2.1 <i>Festlegung des Antriebskonzepts</i> .....	7
4.2.2 <i>Festlegung Kettenantrieb</i> .....	7
4.2.3 <i>Festlegung Chassis</i> .....	7
4.3 DAS CHASSIS.....	8
4.4 DAS KETTENLAUFWERK .....	8
4.4.1 <i>Technische Daten der Komponenten</i> .....	9
<b>5. DIE ELEKTRONIK.....</b>	<b>10</b>
5.1 ANFORDERUNGEN AN DAS ANTRIEBSKONZEPT .....	10
5.2 ENERGIEKONZEPT .....	11
5.3 LEISTUNGSELEKTRONIK.....	12
5.4 STEUERUNG.....	13
<b>6. KOSTEN- UND ZEITKALKULATION.....</b>	<b>14</b>
6.1 KALKULATION ROBOTER CHASSIS UND ANTRIEB .....	14
<b>7. AUSBLICK UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE .....</b>	<b>15</b>
<b>8. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>16</b>
<b>9. QUELLENANGABEN .....</b>	<b>17</b>



## 1. Einleitung

In Katastrophengebieten, wie sie nach Erbeben, Erdbeben, Überschwemmungen und Explosionen vorzufinden sind, wird die Nachfrage nach Robotern zur Unterstützung und Suche von Verschütteten immer größer. Ein wichtiger Aspekt ist dabei der Schutz und die Sicherheit der Einsatzkräfte. Mit dem Einsatz neuester Technologien wie 3D-Laserkamera, Infrarotkamera, CO<sub>2</sub>-Sensoren, usw. soll die Suche beschleunigt und verbessert werden. Hierfür gibt es bisher noch keine Lösungen die den gestellten Anforderungen gerecht werden. Auf Grund dieser Problematik wurde an der Hochschule Weingarten ein neues Projekt gestartet, das zur Aufgabe hat, in mehreren Einzelprojektarbeiten einen funktionsfähigen Roboter zu entwickeln und zu konstruieren, der diese Forderungen erfüllt.

### 1.1 Aufgabenstellung der Projektarbeit

Im Rahmen dieser Projektarbeit stand die Entwicklung und Konstruktion, sowie der Bau eines Chassis mit Steuerung und Antrieb für einen solchen Roboter im Vordergrund.

Dabei wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Analyse bereits bestehender Konzepte
- Robuster Aufbau für den realen Einsatz in Katastrophengebieten
- Hohe Geländetauglichkeit
- Möglichkeit für autonomen Betrieb
- Möglichkeit für den Einsatz beim „Rescue Me“ Robocup

### 1.2 Zielsetzung:

Ziel der Projektarbeit war, anhand bestehender Lösungen das für die obigen Anforderungen optimale Antriebskonzept zu finden. Des Weiteren sollte die Konstruktion des Chassis und des Antriebs so einfach wie möglich aber dennoch so robust und geländegängig wie möglich sein. Bei der Auslegung der Motoren wurde besonderer Wert auf ein hohes Drehmoment bei kompakter Bauweise gelegt. Zu dem sollten die Motoren über Schrittgeber verfügen, um sie über eine Leistungselektronik exakt ansteuern und programmieren zu können. Am Ende sollte ein voll funktionsfähiges Chassis mit Antrieb, das anhand von CAD Zeichnungen konstruiert wurde, vorhanden sein. Für eine eventuelle Kleinserienproduktion sollte sowohl eine Zeit als auch Kostenanalyse aufgestellt werden.



## 2. Planung

### 2.1 Projektplan

Zu Beginn des Projektes wurde ein vorläufiger und grober Projektplan erstellt (siehe Tabelle 2.1.1). Diesem vorläufigen Projektplan folgte der eigentliche und ausführliche Projektplan (siehe Bild 2.1.2). Hier wurden verschiedene Meilensteine (wie z.B. das wöchentliche Meeting) sowie der zeitliche Rahmen der einzelnen Vorgänge festgelegt.

Bereits zu Anfang wurde das Projekt in zwei Gruppen geteilt. Während die eine Gruppe die Konstruktion des Chassis und des Antriebes übernahm war die andere für die Auslegung der Motoren, der Getriebe, der Leistungselektronik sowie für die Programmierung der Steuerung verantwortlich.

Auswahl Antriebskonzept	Bis Ende Oktober
Auswahl Motoren	Bis Ende Oktober
Konstruktion Chassis und Antrieb	Bis Ende November
Fertigung	Bis Mitte Dezember
Zusammenbau	Bis Ende Dezember
Abschlusspräsentation	Vor Weihnachten

**Tabelle 2.1.1:** vorläufiger Projektplan

### 2.2. Graphische Darstellung





### 3. Klären der Aufgabenstellung

#### 3.1 Anforderungsliste

In der unten gezeigten Anforderungsliste sind die für diese Projektarbeit wichtigen Anforderungen eingetragen. Die Anforderungen die auf jeden Fall realisiert werden sollten wurden mit dem Buchstaben **F** (fest) und die gewünschten bzw. für zukünftige Projektarbeiten relevanten Anforderungen mit **W** (Wunsch) gekennzeichnet.

Lfd.Nr	Anforderung	F/W
1	Antrieb mit hoher Traktion	F
2	Gefedertes Chassis	W
3	Maximale Geschwindigkeit $\geq 1$ m/s	F
4	Steigfähigkeit $\geq 40^\circ$	F
5	Gesamtgewicht $\leq 15$ kg	F
6	Maximale Größe 500mm x 400mm x 300mm	F
7	Treppen rauf und runter fahren	W
8	Pro Seite ein Motor	F
9	Staub- und Spritzwasserdichtes Chassis (IP 67)	W
10	Akkubetrieb	F



## 4. Chassis und Antrieb

### 4.1 Ausarbeitung der Einzelkomponenten

### 4.2 Festlegung und Bewertung der Varianten

#### 4.2.1 Festlegung des Antriebskonzepts

Kettenantrieb
<ul style="list-style-type: none"><li>- Kettenantrieb wie bei Panzern</li><li>- Pro Seite ein Motor</li><li>- Separate Ansteuerung der Motoren, damit wird auch gelenkt</li></ul>

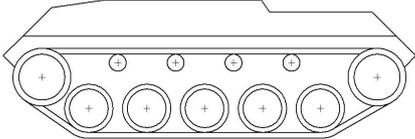
Radantrieb
<ul style="list-style-type: none"><li>- Vier Räder</li><li>- Allradantrieb</li><li>- Pro Rad ein Motor</li><li>- Separate Ansteuerung der Motoren, damit wird auch gelenkt</li></ul>

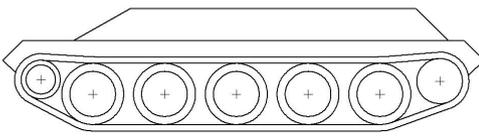
#### Bewertung der Antriebskonzepte

	Kettenantrieb	Radantrieb	Roboterbeine
Steuerung Motoren	+	+	--
Lenkung (Aufwand)	++	++	--
Geländegängigkeit	+	0	++
Aufwand Herstellung	0	+	--

#### 4.2.2 Festlegung Kettenantrieb

##### Festlegung der Variante

Stützrollenlaufwerk
<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Laufrollen liegen nur unten auf der Kette auf</li><li>- Extra Stützrollen gegen durchhängen</li><li>- Kleinere Laufrollen bei großer Kettenhöhe</li></ul> 

Christielaufwerk
<ul style="list-style-type: none"><li>- Laufrollen liegen unten und oben an der Kette an</li><li>- Keine zusätzlichen Stützrollen</li><li>- Große Laufrollen</li><li>- Kettenhöhe hauptsächlich von Laufrollengröße abhängig</li></ul> 

#### 4.2.3 Festlegung Chassis

Die Entscheidung ein Chassis mit Antrieb selbst zu bauen fiel recht schnell, da es auf dem Markt entweder nur Konzepte gibt, die unseren gestellten Anforderungen



nicht gerecht werden (speziell Modellbaubereich) oder aber extrem teuer sind, weil es sich hierbei um Einzelanfertigungen handelt.

### Bewertung Chassis Material

	Stahl	Aluminium	Kunststoff
Bearbeitbarkeit	0	+	+
Gewicht	-	+	++
Festigkeit	++	+	-
Steifigkeit	++	+	0
Korrosion	-	+	++
Materialkosten	+	0	+

### 4.3 Das Chassis

Das Chassis besteht aus den Seitenwänden, der Bodenplatte, sowie diversen Abdeckblechen. Aufgabe des Chassis ist es den Antrieb, die Motoren, das Getriebe, die Stromversorgung sowie sämtliche elektronischen Geräte aufzunehmen. Dabei muss das Chassis die aufgenommenen Komponenten gegen Schmutz und Spritzwasser schützen, um Beschädigungen zu vermeiden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden wurden die seitlichen Chassisplatten aus 10 mm starken Aluplatten CNC gefräst (siehe Bild 4.3.1). Damit wurde eine sehr hohe Steifigkeit bei gleichzeitig niedrigem Gewicht erzielt, da die Wandstärke an den unrelevanten Stellen lediglich 3 mm beträgt. Auf die Seitenwände werden die 3 mm dicken Boden- und Abdeckplatten angeschraubt.

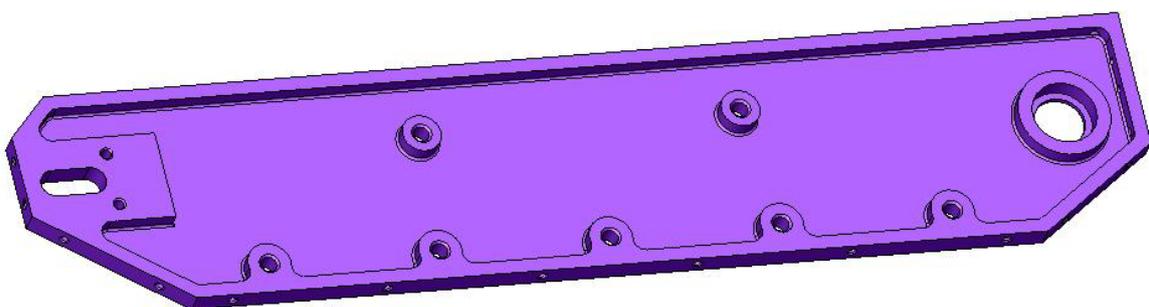


Bild 4.3.1: seitliche Chassisplatte

### 4.4 Das Kettenlaufwerk

Für die drehbare Verbindung zwischen Lauf- bzw. Umlenkrollen und Chassis werden Schulterpassschrauben (ISO 7379) eingesetzt (siehe Bild 4.4.2). Die Antriebsräder müssen über eine starre Achse (Eigenkonstruktion) mit den Motoren bzw. dem Getriebe verbunden werden. Als Lagerung dient pro Seite ein



Rillenkugellager, dass in die jeweilige Seitenplatte eingepresst ist (siehe Bild 4.4.3). Damit die Kettenspannung eingestellt werden kann, sind die Umlenkrollen längs verschiebbar an einem Kettenspanner befestigt (siehe Bild 4.4.4).

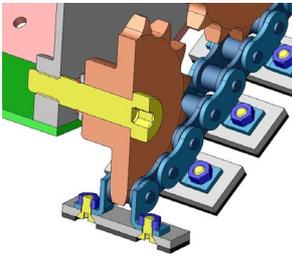


Bild 4.4.2: Laufrolle mit Schulterpassschraube

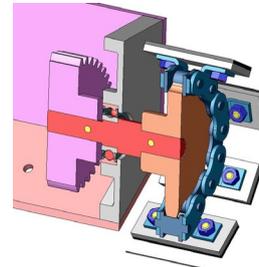


Bild 4.4.3: Antriebsrad

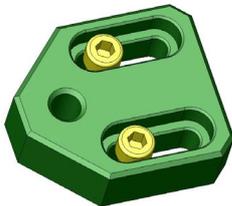
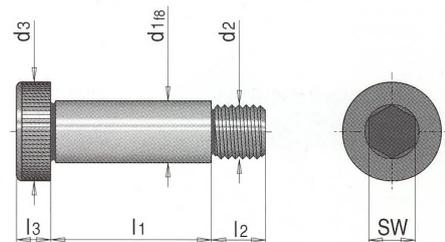


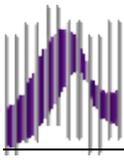
Bild 4.4.4: Kettenspanner

## 4.4.1 Technische Daten der Komponenten

### Technische Daten Schulterpassschrauben:

Bezeichnung:	Schulterpassschraube ISO 7379 $\text{\O}10 \times 30$ und $\text{\O}10 \times 40$
Schlüsselweite SW:	5 mm
Kopfhöhe $l_3$ :	7 mm
Gewindelänge $l_2$ :	13 mm
Kopfdurchmesser $d_3$ :	16 mm
Gewindedurchmesser $d_2$ :	M8
Passungsdurchmesser $d_1$ :	10 mm
Passungslänge $l_1$ :	30 mm und 40 mm
Anzahl:	14 + 2
Gesamtpreis:	35,50 €
Quelle:	<a href="http://www.schrauben-engel.de">www.schrauben-engel.de</a>





## 5. Die Elektronik

### 5.1 Anforderungen an das Antriebskonzept

An das Antriebskonzept ergeben sich mehrere Anforderungen, die alle gleichzeitig beachtet werden müssen. Die Forderungen wurden in folgenden drei Punkten zusammengefasst:

- maximal Geschwindigkeit: 1 m/s (in der Ebene)
- maximale Steigfähigkeit: 40°
- maximales Gewicht: 15 kg

#### Benötigtes Drehmoment und Drehzahl

Die Berechnung der erforderlichen Leistung der Motoren erweist sich als sehr problematisch, da auch in der Literatur keine eindeutigen Berechnungsvorschläge zu finden sind. Oft werden nur anhand von Erfahrungswerten ungefähre Leistungswerte berechnet und anschließend werden diese mit einem Sicherheitsfaktor von zwei bis vier multipliziert.

Die verschiedenen Lösungsansätze und die dadurch unterschiedlichen Ergebnisse bei diesen Berechnungen können auf Grund des einbezogenen Sicherheitsfaktors vernachlässigt werden. Die hier gewählte Variante berechnet über die angreifenden Kräfte und geforderte Geschwindigkeit das erforderliche Drehmoment und die erforderliche Drehzahl.

Robotergewicht:	15 kg
Gewichtskraft:	150 N
Steigungswinkel:	40°
Geschwindigkeit:	1m/s (in der Ebene)
Reibungskoeffizient:	ca. 0,8 bis 1
Antriebsritzel:	66 mm

Daraus ergibt sich das erforderliche Antriebsmoment:

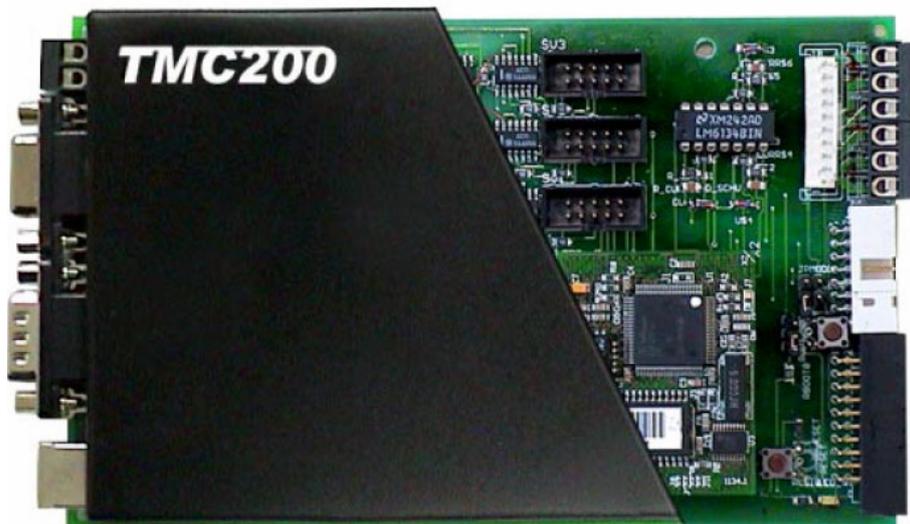
In diesem Fall muss man nur die Steigfähigkeit berücksichtigen, da die zu überwindende Kraft hier am größten ist.





### 5.3 Leistungselektronik

Bei der Leistungselektronik wird auf die Erfahrungen des Robocup-Teams zurückgegriffen. Im Roboter Labor wird schon seit längerem sehr erfolgreich der Motorcontroller TMC200 von „Steinbeis-Transferzentrum Informationstechnische Systeme“ in Sankt Augustin verwendet (siehe Bild 5.4.1). Dieser Motorcontroller kann bis zu drei Motoren mit jeweils 200 W ansteuern. Da hier nur zwei Motoren mit jeweils 150 W verwendet werden wird die Leistungsgrenze des Motorcontrollers nicht überschritten und ein zusätzlicher Ausgang bleibt frei, der für andere Zwecke verwenden werden kann. Beispielsweise könnte hier der Motor eines ausfahrbaren Kameraarms angeschlossen und gesteuert werden.



**Bild 5.4.1:** Leistungselektronik TMC200, Quelle: [www.volksbot.de](http://www.volksbot.de)



## 5.4 Steuerung

### Mikrocontroller HCS12

Der Mikrocontroller HCS12 (Siehe Bild 5.5.2) ist für die spätere Programmierung der Steuerung sehr gut geeignet, da er sehr komplexe Einheiten steuern kann. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass in anderen Projekten im Robotik Labor ebenfalls mit diesem Mikrocontroller Board gearbeitet wird. Somit können Erfahrungen sehr leicht ausgetauscht werden oder vorhandene Programme nur detailliert abgeändert werden, was einen enormen Vorteil für die Weiterarbeit an diesem Projekt bedeutet. Da die Programmierung des HCS12 im Allgemeinen über die Sprache C erfolgt sind hier jedoch einige Kenntnisse und Erfahrungen notwendig, um diesen in Betrieb nehmen zu können. Jedoch können mit diesem  $\mu$ -Controller, mehrere Steuerungskonzepte realisiert werden.

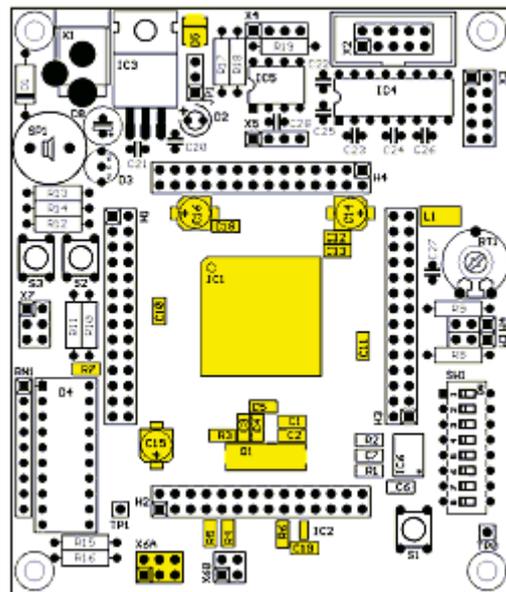


Bild 5.5.2: HCS12

#### Peripherie auf dem HCS12 T-Board:

- Serielle Schnittstelle inkl. RS232 Treiber zum Anschluß an PC
- Zweite serielle Schnittstelle zum Anschluß von [IF-Modulen](#) (RS232, RS485, LIN...)
- Anschluß von [seriellen LC-Displays](#) via IIC möglich
- 8x Indikator-LED
- 8x DIP-Schalter



## 6. Kosten- und Zeitkalkulation

### 6.1 Kalkulation Roboter Chassis und Antrieb

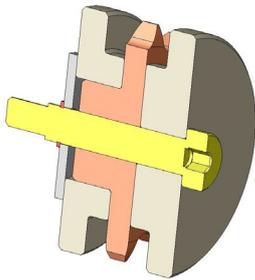
Die folgende Tabelle listet die investierte Zeit für die jeweiligen Arbeitbereiche auf und stellt die daraus resultierenden Kosten pro Roboter zusammen.

	<b>Satz/h</b>	<b>Stunden</b>	<b>Kosten/Roboter</b>	<b>Kosten/(10*Roboter)</b>
Entwicklungskosten	75,00 €	90	6.750,00 €	6.750,00 €
Konstruktionskosten	75,00 €	50	3.750,00 €	3.750,00 €
Dokumentation	60,00 €	40	2.400,00 €	2.400,00 €
Fertigungskosten	55,00 €	20	1.100,00 €	11.000,00 €
Montagekosten	35,00 €	40	1.400,00 €	14.000,00 €
Materialkosten			2754,89	27.548,85 €
			<b>Gesamtpreis</b>	<b>18.154,89 €</b>
				<b>65.448,85 €</b>
			<b>Stückpreis</b>	<b><u>18.154,89 €</u></b>
				<b><u>6.544,89 €</u></b>

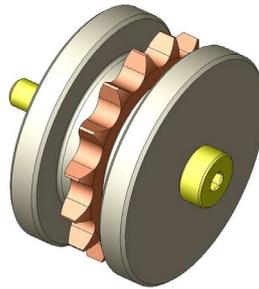


## 7. Ausblick und Verbesserungsvorschläge

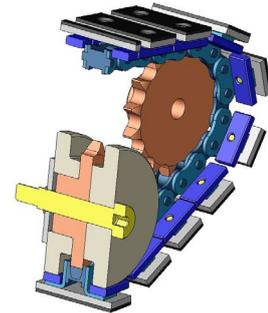
Die Aufgaben für zukünftige Projektarbeiten können die Verfeinerung des Chassis und des Antriebs beinhalten. Beispielsweise könnten die Laufrollen mit zusätzlichen, seitlich angebrachten Laufscheiben versehen werden (siehe Bild 7.1 und Bild 7.2). Zusätzlich würden die Befestigungsmuttern der Kettenplatten durch Aluminium Laufplatten ausgetauscht (siehe Bild 7.3). Damit würden die Auf- und Abbewegungen und die dadurch resultierenden Vibrationen verhindert.



**Bild 7.1:** Laufscheiben



**Bild 7.2:** Laufscheiben



**Bild 7.3:** Laufplatten



## 8. Zusammenfassung

Das fertig aufgebaute Chassis mit Antrieb bietet eine solide Grundlage zur Weiterentwicklung des „Rescue Me“ Roboters. Diese Projektarbeit bot nicht nur die Möglichkeit einer theoretischen Konstruktion, sondern auch die technische Umsetzung und den Bau. Damit gestaltete sich die Projektarbeit sehr abwechslungsreich, da von der Auswahl der Materialien und der Konzepte, der Konstruktion des Chassis und des Antriebs bis hin zur Fertigung und Montage mit abschließendem Funktionstest ein breites Arbeitsspektrum abgedeckt wurde. Zudem konnten an Hand der ersten Funktionstests Erfahrungen gewonnen und Verbesserungsvorschläge für die auftretenden Schwachstellen (Vibrationen im Laufwerk) entwickelt werden. Diese könnten in zukünftigen Projektarbeiten umgesetzt werden.



## 9. Quellenangaben

- [www.Maedler.de](http://www.Maedler.de)  
Rollenketten, Zahnräder
- [www.skf.de](http://www.skf.de)  
Rillenkugellager
- [www.maxon.ch](http://www.maxon.ch)  
Motoren, Getriebe, Leistungselektronik
- [www.elektronikladen.de](http://www.elektronikladen.de)  
Steuerungselektronik
- [www.bmz.de](http://www.bmz.de)  
Akkus
- [www.engelmotor.com](http://www.engelmotor.com)  
Motoren
- [www.ott-antriebe.de](http://www.ott-antriebe.de)  
Motoren
- [www.volksbot.de](http://www.volksbot.de)  
Leistungselektronik