

# 3D Laserscanner für mobilen Roboter

**Industriearbeit PAIND+E1**

im Auftrag des Industriepartners

**RUAG AG**

an der

Hochschule Luzern Technik & Architektur

im Studiengang Elektrotechnik

**Schwerpunkt**

Signalverarbeitung & Kommunikation,  
Automation & Embedded Systems

**Dozent:** Björn Jensen

**Experte:** Markus Thalmann

**Eingereicht von:** Daniel Zimmermann

**Matrikelnummer:** 15-465-271

**Datum der Abgabe:** 22.12.2017

**Klassifikation:** Rücksprache

# Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Sämtliche verwendeten Textauschnitte, Zitate oder Inhalte anderer Verfasser wurden ausdrücklich als solche gekennzeichnet.

Wolfenschiessen, den 22.12.2017

Daniel Zimmermann

# Vorwort

In Zuge der industriellen Revolution 4.0, sog. digitale Revolution, entstehen gerade im Zweig der Robotik und der Automation ständig neue und bahnbrechende Technologien. Dabei steht die Transformation des weitgehend automatisierten Roboters im Vordergrund. Diverse Vorzeigeprojekte beweisen bereits heute, dass durch eine komplexe Abstimmung hoch präziser Sensoren die sensitiven und kognitiven Fähigkeiten des Menschen nachgeahmt, wenn nicht sogar übertroffen werden können.

Gerade für mobile Roboter wie der iRobot Packbot einen bedeutenden Beitrag leisten. Für Menschen unzugängliche oder nur unter hohem Gefahrenpotential zugängliche Orte wie Kriegsgebieten, von Naturkatastrophen geschädigten oder radioaktiv verstrahlten Umgebungen können sie Aufgaben bewältigen, welche dem Menschen alleine unmöglich erscheinen.

Diese Errungenschaften bieten in vielen Bereichen Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise in der Industrie, der Medizin oder dem Transportwesen. Die Unterstützung eines automatisierten Systems kennt kaum Grenzen.

Der Mensch kann mehr und mehr auf die Hilfe von mobilen Robotern zählen.

Daher ist es naheliegend, dass gerade bei der Kartographie eine dreidimensionale Visualisierung ein sehr interessantes und Arbeitsgebiet bietet.

Durch die zunehmende Rechenleistung von Computern und den daraus resultierenden Datenmengen entstehen Möglichkeiten

Daniel Zimmermann, 22.12.2017

# Abstract

This Documentation is a result of the Project Modul PAIND+E1 at the Lucerne School of Engineering and Architecture for the industry partner RUAG AG. The translated main topic "3D laser scanner for a mobile robot is the base of

The following chapters containing the full experiences, results and description during the project phases from September 2017 to January 2018. The body of this document is defined in different phases and reflects the Timeline of the Project.

In a first part are the

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Blindtext . . . . .	1
1.2	Projektauftrag . . . . .	1
1.3	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.4	Ziele . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Informationsbeschaffung</b>	<b>3</b>
2.1	Entfernungsmessung . . . . .	3
2.1.1	Hokuyo URG-04LX . . . . .	3
2.1.2	Velodyne VLP-16 Puck . . . . .	4
2.1.3	Alternativen zu LIDAR . . . . .	4
2.2	Datenverarbeitung . . . . .	4
2.3	Software . . . . .	4
2.4	ROS Robot Operating System . . . . .	4
2.4.1	ROS Kinetic Kame vs. Indigo . . . . .	4
2.4.2	BLAM . . . . .	5
2.5	. . . . .	5
2.5.1	Wireshark . . . . .	5
2.5.2	Onshape . . . . .	5
2.6	Zwischenfazit . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Konzeption</b>	<b>6</b>
3.1	Konzeptionsgrundlage . . . . .	6
3.2	Variante 1: Plattform . . . . .	6
3.3	Variante 2: Turm . . . . .	8
3.4	ausgewählte Komponenten . . . . .	8
3.5	Zwischenfazit . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Realisierung</b>	<b>9</b>
4.1	Produkt . . . . .	9

4.2	Hardware . . . . .	11
4.3	Software . . . . .	11
4.4	Zwischenfazit . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Tests</b>	<b>12</b>
5.1	Testprotokolle . . . . .	12
5.2	Testergebnisse . . . . .	14
5.3	Fazit . . . . .	14
<b>6</b>	<b>Outro</b>	<b>15</b>
6.1	Schlussfolgerung . . . . .	15
6.2	Ausblick . . . . .	15
6.3	Schlussworte . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Beispiele</b>	<b>16</b>
7.1	Quelltext . . . . .	16
7.2	Bild . . . . .	16
7.3	Text Formatierungen und sonstiges . . . . .	17
7.3.1	Listen . . . . .	17
7.3.2	Text Hervorhebungen . . . . .	17
7.4	Tabelle . . . . .	18
7.5	Long-Table . . . . .	19
7.6	Literaturverweis . . . . .	20
7.7	Onlineverweise . . . . .	20
7.8	Glossar . . . . .	20
7.9	Abkürzungsverzeichnis . . . . .	20
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>A</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>B</b>
	<b>Quelltextverzeichnis</b>	<b>C</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>D</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>E</b>

<b>Onlinequellen</b>	<b>F</b>
<b>Bildquellen</b>	<b>G</b>
<b>Anhang A</b>	<b>H</b>
A.1 Diagramm . . . . .	H
A.2 Tabelle . . . . .	H
A.3 Screenshot . . . . .	H
A.4 Graph . . . . .	H

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Blindtext

- First itemtext
- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext

### 1.2 Projektauftrag

.

### 1.3 Aufgabenstellung

Als Grundlage galt zum Zeitpunkt der Eingabe der Aufgabenstellung, dass ein 3D-Laser-Modul mit einem bestehenden 2D-Laser realisiert wird. Beim Projektbeginn im September 2017 wurde dies von Dr. Björn Jensen abgeändert, da nun ein 3D-Laserscanner zur Verfügung steht. Das zu erarbeitende Projekt soll ein funktionsfähiger Prototyp

Es soll ein 3D-Laser-Modul entwickelt werden, welches einen bestehenden 2D-Laser um eine Achse rotiert und so die Vermessung der Umgebung in 3D erlaubt. Die gemessenen



Distanzen sollen von einem PC aufgenommen und dem mobilen Roboter einmal pro Umdrehung zur Verfügung gestellt werden. Üblicherweise bewegt sich der Roboter während diesen Messungen. Im Idealfall wird die Bewegung des Roboters gemessen und die Messdaten entsprechend kompensiert. Das entwickelte Laser-Modul soll im Rahmen der Arbeit auf dem Packbot-Roboter getestet werden.

## 1.4 Ziele

Ziel des Projektes ist es die Realisierung eines 3D-Laser Moduls. In erster Priorität soll damit 3D Mapping in Echtzeit betrieben werden können. Das Modul wird mit dem bestehenden 3D Laserscanner von Velodyne des Typs VLP-16 realisiert. Dabei soll eine möglichst detaillierte Punktwolke erstellt werden, welche visualisiert werden kann. Zweite Priorität ist die Hinderniserkennung in Frontrichtung. Dazu muss in Frontrichtung eine detaillierte Punktwolke ermittelt werden können. Das Modul soll einerseits auf dem Packbot nutzbar, sowie auch eigenständig einsetzbar sein.

# Kapitel 2

## Informationsbeschaffung

Im Rahmen der Projektplanung, welche in Anhang ersichtlich ist, wurde in einer ersten Phase ein Zeitraum zur Informationsbeschaffung festgelegt. Dieser Abschnitt ist einerseits für die Themeneinarbeitung und andererseits für die Absteckung der Aufgabe und der Ziele erforderlich.

insert  
reference

Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse der Informationsbeschaffung erläutert, die maßgebend für die Konzeption in Kapitel 3 und die Realisierung in Kapitel 4 sind. Dabei werden zu einzelnen Komponenten und Verfahren Stellung genommen und eruiert, ob diese sich für das Projekt eignen. Des Weiteren werden relevante Software erläutert, welche für die Realisierung nötig sind. Die Aufgabenstellung wurde dabei in verschiedene Funktionsblöcke unterteilt, die in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben werden

### 2.1 Entfernungsmessung

In diesem Unterkapitel werden die bestehenden Entfernungsmesser Velodyne VLP-16 und der Hokuyo URG-LX01 detailliert betrachtet und die wichtigsten Spezifikationen hervorgehoben. Es werden zusätzlich noch alternative Produkte gegenüber gestellt.

#### 2.1.1 Hokuyo URG-04LX

Der Hokuyo URG-04LX ist ein 2D Entfernungsmesser, der mittels LIDAR Verfahren

Der bedeutendste Nachteil des URG-04LX ist das messbare Distanzspektrum. Die maximale Messdistanz von 4 Meter, wobei zusätzlich eine minimale Messdistanz von 40

Zentimeter eingehalten werden muss, genügt nur für sehr nahe räumliche Messungen. Der Einsatzbereich beschränkt sich hier lediglich für Gebäude interne Messungen.

### **2.1.2 Velodyne VLP-16 Puck**

Beim Velodyne VLP-16 Puck handelt es sich um einen Echtzeit 3D-Laser-Scanner, der auf dem LIDAR-Verfahren basiert. Dabei werden Der 3D Laserscanner

### **2.1.3 Alternativen zu LIDAR**

## **2.2 Datenverarbeitung**

## **2.3 Software**

## **2.4 ROS Robot Operating System**

Die gesamte Kommunikation mit Sensoren und Aktoren findet auf dem Packbot mit einem spezifisch implementierten Robot Operating System, kurz. ROS, statt. Daher ist es naheliegend, um die Integrität des zu erarbeitenden 3D-Laser-Moduls zu gewährleisten, dieses Software-Framework zu nutzen.

### **2.4.1 ROS Kinetic Kame vs. Indigo**

Grundsätzlich wird ROS auf einem Ubuntu Betriebssystem aufgesetzt und ist ein grösstenteils Kommando-basiertes Software-Framework. Diese in 2007 entwickelte Open Source Software erhielt in den letzten Jahren ständig neue und überarbeitete Versionen.

Die Auswahl wurde größtenteils durch die bestehende Software definiert. Da bereits mit Ubuntu LTS 16.04 und ROS Kinetic Kame gearbeitet wurde war dies die naheliegendste Möglichkeit.

### **2.4.2 BLAM**

- First itemtext
- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext

## **2.5 .**

Software

### **2.5.1 Wireshark**

### **2.5.2 Onshape**

## **2.6 Zwischenfazit**

# Kapitel 3

## Konzeption

Dieses Kapitel beschreibt die Resultate und Ergebnisse aus der Konzeptionsphase. Nachfolgend werden auf die verschiedenen Konzeptionsvarianten eingegangen. Dabei werden Überlegungen und Bezüge zur Aufgabenstellung gemacht. Jede Variante wird abschliessend mit einem kurzen Fazit beurteilt.

### 3.1 Konzeptionsgrundlage

Als Konzeptionsgrundlage dient das Pflichtenheft, welches im Anhang einsehbar ist. Wie darin erwähnt, soll das Modul möglichst frei drehend konzipiert werden. Dies ist das ausschlaggebendste Kriterium für die Bauform des Moduls. Da der Velodyne VLP-16, wie in Kapitel erläutert, einen begrenzten horizontalen Öffnungswinkel besitzt, wurde bei den folgenden Konzepten die Möglichkeit eines beweglichen Moduls geprüft. Ein weiteres relevantes Kriterium ist die Einsatzmöglichkeit des Moduls. Es soll einerseits auf dem Packbot, sowie auch als eigenständiges Produkt funktionieren. Daher sind als Schnittstellen ein Speiseanschluss, welcher 12 Volt DC liefert und eine Ethernet RJ45-Anschluss nötig. Nachfolgend sind auf diesen Grundlagen drei Varianten dargelegt.

referenz

ref

### 3.2 Variante 1: Plattform

Die Variante 1: Plattform ist in der Skizze in Abbildung ersichtlich. Bei dieser Konstruktion werden alle elektronischen Komponenten, welche für die Signalverarbeitung und die Energieversorgung nötig sind, in einem rechteckigen Gehäuse im unteren Teil verbaut. Die

referenz

Interface Box des Velodyne VLP-16 wird auch in diesem Gehäuse untergebracht. Lediglich der Laserscanner VLP-16 befindet sich ausserhalb des Gehäuses auf der Plattform oberhalb des Gehäuses.

Die Eigenheit dieser Konzeption ist die Plattform, auf welcher sich der Velodyne VLP-16 befindet. Der Einsatz dieser Plattform erklärt sich durch ein bekanntes Regelungsexperiment namens "Ball on a Plate". In Abbildung ist eine CAD-Zeichnung eines solchen Regelungsexperiment dargestellt. Bei "Ball on a Plate" werden zwei Servomotoren, welche je mit einem Gelenk mit einer Seite der Plattform verbunden sind, angesteuert. Indem die Servomotoren mittig auf der Seite mit der rechteckigen Plattform verbunden sind, kann durch Drehen der Servomotoren die Plattform zweiachsig geneigt werden. Im Regelungsexperiment kann durch Zuhilfenahme einer PID-Regelung ein Ball darauf balanciert werden.

ref

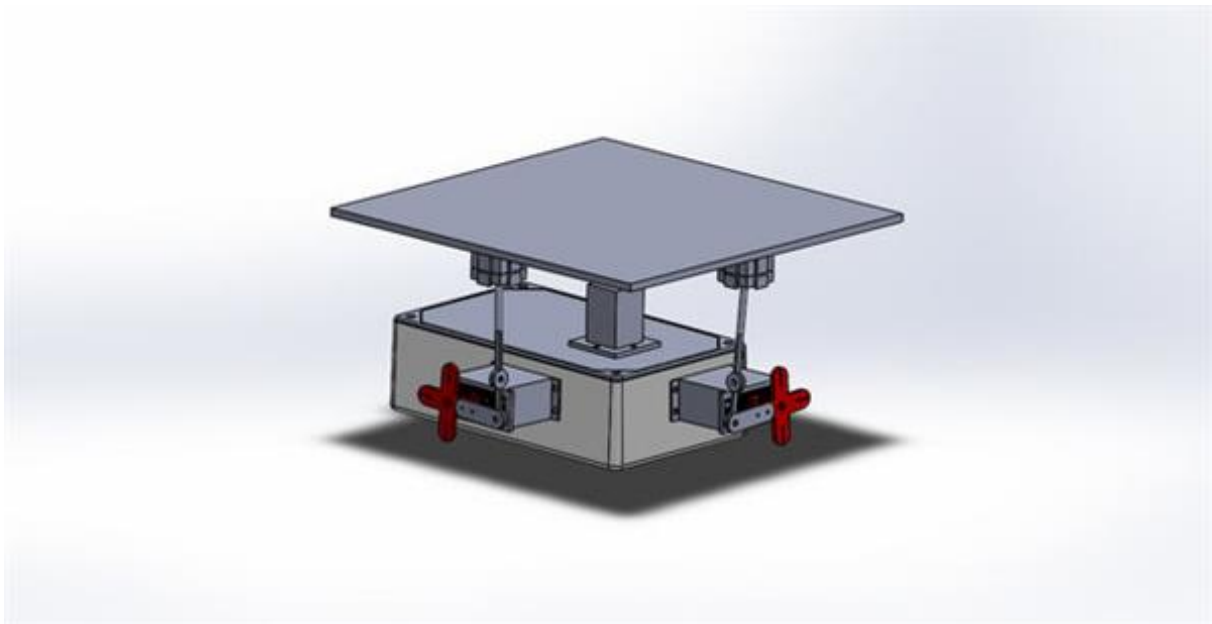


Abbildung 3.1: Ball on a Plate CAD [3ders.org]

Diese Überlegungen bieten die Möglichkeit den Laserscanner VLP-16, welcher in der Konzeption auf der Plattform befestigt ist, durch das ansteuern der Servomotoren in alle Richtungen zu neigen. Somit kann der Öffnungswinkel in jede Richtung vergrößert werden. Die Grenzen liegen dabei in der Begrenzung.

Hauptproblematik bei dieser Konzeption ist die zusätzlich nötige Sensorik. Durch die Neigung der Plattform kann ohne zusätzliche Sensorik nicht auf die Transformations Ebenen zurückgeschlossen werden. Dies erschwert die Visualisierung der 3D-Laserscanner Messdaten. Die Plattform müsste mittels einer eigenen IMU, welche aus Gyrosensor, Accelerometer und Magnetometer besteht, erweitert werden.

Während der Besprechung mit Herr Jensen vom blabla wurde diese Konzeption verworfen und nicht mehr weiter betrachtet.

**ZEIT****Fazit**

### **3.3 Variante 2: Turm**

### **3.4 ausgewählte Komponenten**

### **3.5 Zwischenfazit**

# Kapitel 4

## Realisierung

### 4.1 Produkt

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut



metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

- First itemtext

- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext

## 4.2 Hardware

## 4.3 Software

## 4.4 Zwischenfazit

# Kapitel 5

## Tests

### 5.1 Testprotokolle

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut

metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

- First itemtext

- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext

## **5.2 Testergebnisse**

## **5.3 Fazit**

# Kapitel 6

## Outro

### 6.1 Schlussfolgerung

### 6.2 Ausblick

### 6.3 Schlussworte

# Kapitel 7

## Beispiele

Im Kapitel Beispiele (siehe Kapitel 7) werden die möglichen Funktionen und Möglichkeiten dieses LaTeX-Dokuments demonstriert.

### 7.1 Quelltext

Nachfolgend der Codeauszug 7.1.

```
1  /**
2  * The HelloWorldApp class implements an application that
3  * simply prints "Hello World!" to standard output.
4  */
5  class HelloWorldApp {
6      public static void main(String[] args) {
7          System.out.println("Hello World!"); // Display the string.
8      }
9  }
```

Codeauszug 7.1: Hello World

### 7.2 Bild

Die rechts zu sehende Grafik demonstriert die Möglichkeiten des Paketes „wrapfig“. Grafiken innerhalb einer „wrapfigure“ können entweder links oder rechts von Text umlaufen werden.

## 7.3 Text Formatierungen und sonstiges

Dieser Text enthält eine Fußnote<sup>1</sup>.

### 7.3.1 Listen

Listen können sowohl mit Bullet points als auch mit Zahlen erstellt werden

- Eine Liste mit Bullet points
  - Ein weiteres Element
1. Eine Liste mit Zahlen
  2. Ein weiteres Element



Abbildung 7.1: Beispielbild [PEX]

### 7.3.2 Text Hervorhebungen

The problem with internet quotes is that you can't always depend on their accuracy

— Abraham Lincoln, 1864

Inspirierende Zitate können mit epigraph eingefügt werden

The problem with internet quotes is that you can't always depend on their accuracy

---

Abraham Lincoln, 1864

---

<sup>1</sup>Fußnoten sind Anmerkungen, die im Druck-Layout aus dem Fließtext ausgelagert werden, um den Text flüssig lesbar zu gestalten.



Seitenumbrüche können nur direkt nach Text geschrieben werden, sonst lässt sich das Latex nicht mehr compilieren.



Abbildung 7.2: Beispielbild [PEX]

## 7.4 Tabelle

Nachfolgend Tabelle 7.1.

<b>Inhaber:</b> Alice
<b>Peer (Ersteller):</b> Bob
<b>Öffentlicher Schlüssel des Inhabers:</b> F2 D2 0E ED FA 4E 9E 0A F2 DD 23 8A 32 44 F3 E9
<b>Gültigkeit:</b> 2015-07-01 – 2016-06-30

Tabelle 7.1: Digitales Zertifikat

## 7.5 Long-Table

Die „Long-Table“ kann über definierte Header und Footer über Seitenumbrüche hinweg angezeigt werden.

Version	Codename	API	Verteilung
2.2	Froyo	8	0.1%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	2.7%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	2.5%
4.1.x	Jelly Bean	16	8.8%
4.2.x		17	11.7%
4.3		18	3.4%
4.4	KitKat	19	35.5%
5.0	Lollipop	21	17.0%
5.1		22	17.1%
6.0	Marshmallow	23	1.2%

Tabelle 7.2: Verteilung der Androidversionen (Stand: 01.02.2016)

## 7.6 Literaturverweis

Weil für die alte und die neue Rechtschreibung verschiedene Trennregeln gelten, sind Deutsch mit alter Rechtschreibung und Deutsch mit neuer Rechtschreibung zwei verschiedene Sprachen ([Kna09], S. 192).

## 7.7 Onlineverweise

Siehe Google.de [Goo].

## 7.8 Glossar

## 7.9 Abkürzungsverzeichnis

# Abbildungsverzeichnis

3.1	Ball on a Plate CAD [ <b>3ders.org</b> ] . . . . .	7
7.1	Beispielbild [PEX] . . . . .	17
7.2	Beispielbild [PEX] . . . . .	18

# Tabellenverzeichnis

7.1	Digitales Zertifikat . . . . .	19
7.2	Verteilung der Androidversionen (Stand: 01.02.2016) . . . . .	19

# Quelltextverzeichnis

7.1	Hello World . . . . .	16
-----	-----------------------	----

# Stichwortverzeichnis

## A

alte ..... 20

## T

Trennregeln ..... 20

## U

und ..... 16

# Literaturverzeichnis

- [Kna09] Joerg Knappen. *Schnell ans Ziel mit LATEX 2e* -. ueberarbeitete und erweiterte Auflage. Muenchen: Oldenbourg Verlag, 2009. ISBN: 978-3-486-59015-9.



# Onlinequellen

[Goo] Google. *Google*. URL: <http://www.google.de> (besucht am 06.10.2015).

# Bildquellen

[PEX] PEXELS. *Black and white branches tree*. URL: <https://www.pexels.com/photo/black-and-white-branches-tree-high-279/>.

# Anhang A

## A.1 Diagramm

## A.2 Tabelle

## A.3 Screenshot

## A.4 Graph