

B

C

# Rekonstruktion von Meshes für industrielles Bin-Picking und Depalettieren

S

# **BACHELORARBEIT**

**zur Erlangung des akademischen Grades**

**Bachelor of Science (B. Sc.)**

**an der**

**Hochschule Konstanz**  
Technik, Wirtschaft und Gestaltung

Fakultät Informatik  
Studiengang Angewandte Informatik

---

Thema: **Rekonstruktion von Meshes für industrielles Bin-Picking und Depalettieren**

Bachelorkandidat: Lorenz Bung, Banater Str. 9, 78467 Konstanz

1. Prüfer: Prof. Dr. Georg Umlauf  
2. Prüfer: Simon Schmeißer

Ausgabedatum: 01.04.2020  
Abgabedatum: 30.06.2020

# Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, *Lorenz Bung*, geboren am 26.06.1997 in Konstanz, dass ich

- (1) meine Bachelorarbeit mit dem Titel

## **Rekonstruktion von Meshes für industrielles Bin-Picking und De-palettieren**

bei der Isys Vision GmbH unter Anleitung von Prof. Dr. Georg Umlauf selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine anderen als die angeführten Hilfen benutzt habe;

- (2) die Übernahme wörtlicher Zitate, von Tabellen, Zeichnungen, Bildern und Programmen aus der Literatur oder anderen Quellen (Internet) sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe;
- (3) dass die eingereichten Abgabe-Exemplare in Papierform und im PDF-Format vollständig übereinstimmen.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Konstanz, 30.06.2020

---

(Unterschrift)

# Abstract

Title:                   Rekonstruktion von Meshes für industrielles Bin-Picking  
                             und Depalettieren

Candidate:             Lorenz Bung

Supervisors:          Prof. Dr. Georg Umlauf  
                             Institute for Optical Systems

                             Simon Schmeißer  
                             Isys Vision GmbH

Submission date:     30.06.2020

Keywords:             Robotics, Geometric Modeling, Machine Vision, Mesh  
                             Reconstruction

Describe the objective and results of this thesis in a few words. Typically one page.

## Extended Abstract

Title:                   Rekonstruktion von Meshes für industrielles Bin-Picking  
                             und Depalettieren

Candidate:             Lorenz Bung

Supervisors:          Prof. Dr. Georg Umlauf  
                             Institute for Optical Systems

                             Simon Schmeißer  
                             Isys Vision GmbH

Submission date:     30.06.2020

Keywords:             Robotics, Geometric Modeling, Machine Vision, Mesh  
                             Reconstruction

Extended Abstract über 2 Seiten. Beispielhafte Texte aus anderen Teamprojekten oder Abschlussarbeiten können aus dem verlinkten Dokument entnommen werden <http://www.ios.htwg-konstanz.de/sites/default/files/jb/annualreport17.pdf>.

Dieser Text soll als Dokumentation des Teamprojekts für den zukünftigen Jahresbericht des Institut für Optische Systeme dienen. Gerne können auch Bilder eingefügt werden. Ebenso wichtig ist es auch die Referenzen aufzulisten wie z.B. [1].

# Contents

<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>II</b>
<b>Extended Abstract</b>	<b>III</b>
<b>1 Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Punktwolken . . . . .	1
1.2 Meshrepräsentationen . . . . .	V
1.3 Mikado . . . . .	V
1.4 Point Cloud Library . . . . .	V
1.5 Robot Operating System . . . . .	V
<b>Bibliography</b>	<b>V</b>

# Chapter 1

## Grundlagen

Zum Verständnis des Themas der Arbeit ist die Erklärung einiger Grundlagen notwendig. Zunächst einmal werden wichtige Grundbegriffe und Datenstrukturen erläutert, wie beispielsweise Punktwolken, Meshrepräsentationen, die *Point Cloud Library (PCL)* oder das *Robot Operating System (ROS)*. Außerdem sind selbstverständlich die bereits bestehenden Elemente des Mikado-Projekts relevant, da diese Arbeit fundamental darauf aufbaut. Weiterhin sind die Algorithmen `yak` beziehungsweise `KinectFusion` wichtig, da sie das Grundgerüst oder auch das Kernelement des Themas darstellen.

### 1.1 Punktwolken

Zur Aufnahme von 3D-Bilddaten gibt es mehrere verschiedene Möglichkeiten. Ein LIDAR-System sendet beispielsweise mehrere Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen, die anschließend Informationen über die Entfernung zu einem Objekt in diesem Punkt liefern. Eine Stereokamera liefert im Gegensatz dazu zwei Bilder, die anschließend durch spezielle Software zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein bestimmtes Muster auf die Umgebung zu projizieren, dieses dann aus einer anderen Perspektive aufzunehmen und aus der räumlichen Verzerrung des Musters die Tiefe zu errechnen.

Die so gewonnenen Informationen lassen sich durch mehrere verschiedene Datenmodelle repräsentieren. Bei einer Depth Map wird beispielsweise das aufgenommene Bild abgespeichert, und zusätzlich ein 2D-Array mit der Tiefeninformation des zugehörigen Pixels gespeichert. In einem Voxel Grid wird ein dreidimensionales Raster, bestehend aus den sogenannten Voxeln, angelegt. Die Tiefeninformation wird dann in den Voxeln gespeichert: Ist ein Voxel Teil eines Elements, wird er gefüllt, andernfalls nicht.

Ein weiteres häufig verwendetes Datenmodell ist eine Punktwolke. Als Punktwolke bezeichnet man eine Menge  $M \subset \mathbb{R}^3$  von Punkten im (mindestens) dreidimensionalen Raum. Zusätzlich zur räumlichen Information können auch noch weitere Daten pro



Punkt gespeichert sein, wie RGB-Werte, Genauigkeit oder Objektklasse (falls schon eine Segmentierung vorgenommen wurde). Dadurch gilt:

$$M = \begin{pmatrix} p_x^1 & p_y^1 & p_z^1 & \cdots \\ p_x^2 & p_y^2 & p_z^2 & \cdots \\ p_x^3 & p_y^3 & p_z^3 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix}$$

Die Nutzung von Punktwolken bringt im Vergleich zu anderen 3D-Datenmodellen einige Vorteile.

## **1.2 Meshrepräsentationen**

## **1.3 Mikado**

## **1.4 Point Cloud Library**

## **1.5 Robot Operating System**

# Bibliography

- [1] R. B. Rusu and S. Cousins, “3d is here: Point cloud library (pcl),” in *2011 IEEE international conference on robotics and automation*, pp. 1–4, IEEE, 2011.