

# Visualisation of laser scanner point cloud as 3d panorama

Thesis Subtitle

**Adam Kalisz**

A thesis presented for the degree of  
Bachelor in Media Engineering



**TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG**  
GEORG SIMON OHM

Elektrotechnik Feinwerkmechanik Informationstechnik  
Georg-Simon-Ohm Technische Hochschule Nürnberg

Germany

Date

# Declaration

I hereby declare that I have created this work completely on my own and used no other sources or tools than the ones listed, and that I have marked any citations accordingly.

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

*Nuremberg, MONTH YEAR*  
*YOUR NAME*

# Abstract

In this work the interested reader will learn about my research on the 3D-model reconstruction of the historic Pellerhaus in Nuremberg, Germany, as it looked before its destruction during World War II. The title of this paper is "Visualization of laser scanner point clouds as 3D panoramas".

In the first chapter I will describe the background research that provided me with the necessary fundamentals to start the project. The second chapter presents the development process of the software tools applied to achieve the goal of reconstructing historic 3D models from various data such as images and laser scans. To accomplish this, I decided to improve the open source software Blender. Details on the production of a three-dimensional mesh from laser scans via LIDAR devices can be found in Chapter Three. Chapter Four concludes the work and also presents future work. It contains the results, failures and successes of my research. Furthermore it discusses different possible ways to build upon the fundamental insights gained from this report. Due to our modern open culture with several open software, hardware and movie projects - mainly inspired by the Blender Foundation - I also want to make my research available to the public. During the time I am writing my thesis I will therefore be publishing my progress online at <http://bachelor.kalisz.co>.

# Acknowledgements

This research could not have been performed without the assistance, patience, and support of many individuals.

On behalf of the historical expertise required for this research, I would like to thank the Geschichtsarchiv Langwasser, including Mrs Edith Schroth and Mr Alfred Schroth for their constant support in providing old photographs, material and making contact to various institutions like archives, museums and companies. They initiated the contact with the Altstadtfreunde Nürnberg e.V. as well. Therefore I would like to thank the Altstadtfreunde Nürnberg e.V. for a huge amount of historic pictures and professional guidance regarding the history of the Pellerhaus. I am happy to get the opportunity to be supported by chairman Mr. Karl-Heinz Enderle during my research.

Secondly, I have to thank my thesis advisor, Mr. Prof. Dr. Stefan Röttger for mentoring me during my undergraduate studies. Not only did he prove his confidence in me by encouraging me to teach computer graphics to other students by letting me show how much fun it can be creating graphics with the open source 3D graphics suite Blender and offered me several jobs in 3d animation. His insight lead to the initial proposal to examine the possibility of reconstructing the Pellerhaus facade. In addition I would like to extend my gratitude to Mr. Prof. Dr. (USA) Ralph Lano for supervision during my studies. His teaching style and enthusiasm made a strong impression on me and I have always carried positive memories of the classes I attended. Although, the classes I took have not been mandatory and seldom they made a lot of fun (e.g. XBox programming with Unity), he was always very helpful and friendly. I would like to thank you very much for your support and understanding over these past four years.

Finally I would like to extend my deepest gratitude to my family without whose love, support and understanding I could never have completed this bachelor's degree.

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>11</b>
1.1	Justification . . . . .	11
1.2	Initial project specification . . . . .	11
1.3	project schedule . . . . .	11
1.4	State-of-the-art methods for 3D reconstruction . . . . .	12
1.4.1	Light Detection And Ranging (LiDAR) . . . . .	12
1.4.2	Photogrammetry . . . . .	13
1.4.3	Google Maps (R) . . . . .	14
1.4.4	Open Street Map (R) . . . . .	14
1.4.5	Bavarian State Office for Survey and Geoinformation . . . . .	14
1.4.6	Autonomous mapping with UAV's and SLAM . . . . .	14
1.4.7	Manual methods . . . . .	14
1.5	Defining the scope of my work . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Background Research</b>	<b>15</b>
2.1	The Pellerhaus history . . . . .	15
2.2	3D Panorama . . . . .	15
2.3	Types of projections . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Converting from point cloud to Blender 3D</b>	<b>17</b>
3.1	Concept . . . . .	17
3.1.1	Use case diagram . . . . .	17
3.1.2	UML class diagram . . . . .	17
3.2	Generating data and testing algorithms . . . . .	18
3.2.1	BlenSor . . . . .	18
3.2.2	Test-Addon for Blender . . . . .	18
3.3	Prototype . . . . .	18
3.3.1	Point Cloud Importer . . . . .	18
3.3.2	Projecting 3D points onto a 2D plane . . . . .	18
3.3.3	Saving textures . . . . .	18
3.3.4	Performance Optimization . . . . .	18
3.3.5	Meshing . . . . .	18
3.3.6	Mesh Exporter . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Production</b>	<b>21</b>
4.1	Modeling the current Pellerhaus . . . . .	21
4.1.1	Using the converter . . . . .	21
4.1.2	Using UAV references with photogrammetry . . . . .	21
4.2	Modeling the original Pellerhaus . . . . .	22

4.2.1	Using historic images as guide . . . . .	22
4.2.2	Using historic stereoscopic images with photogrammetry . . .	22
4.3	Modeling the destructed Pellerhaus . . . . .	22
4.4	Animating between the states . . . . .	23
4.5	Lighting and Rendering . . . . .	23
4.6	Animating between the states . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Conclusion and Future Work</b>	<b>25</b>
5.1	Conclusion . . . . .	25
5.2	Future Work . . . . .	25
<b>A</b>	<b>Appendix Title</b>	<b>27</b>
A.1	Software used . . . . .	27
A.1.1	L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	27
A.1.2	Blender 3D . . . . .	27
A.2	Programming libraries and frameworks . . . . .	27
A.2.1	Qt 5.4 . . . . .	27

# List of Figures

1.1	LiDAR Scanner Point Cloud . . . . .	13
1.2	Multiview Reconstruction from historic stereo pairs . . . . .	13
2.1	3D Panorama Sphere . . . . .	15
2.2	Three example projections . . . . .	16





# List of Tables

3.1	very basic table caption . . . . .	18
3.2	Max and min temp recorded during the first two weeks in January . .	19



# Chapter 1

## Introduction

### 1.1 Justification

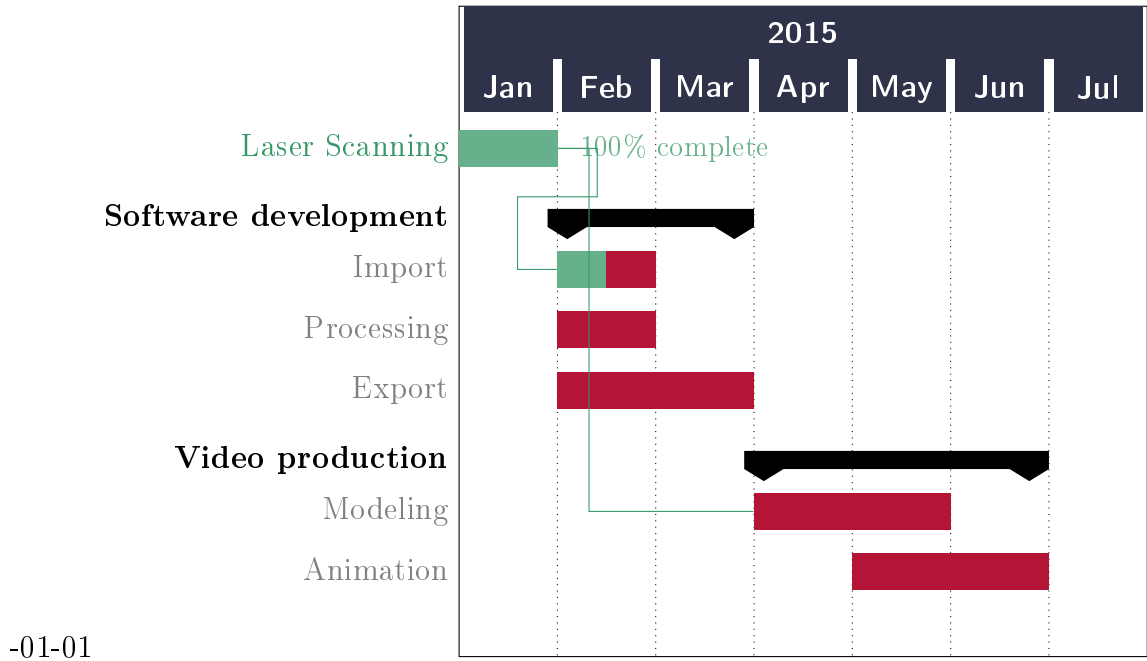
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi.

### 1.2 Initial project specification

Problem of Blender not capable to handle import point clouds and display them colored [see Ble14, p10].

### 1.3 project schedule

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.



## 1.4 State-of-the-art methods for 3D reconstruction

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

### 1.4.1 Light Detection And Ranging (LiDAR)

This works by...

LiDAR-Devices:

flat mirror elliptical mount

LiDAR-Lite, custom arduino build

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

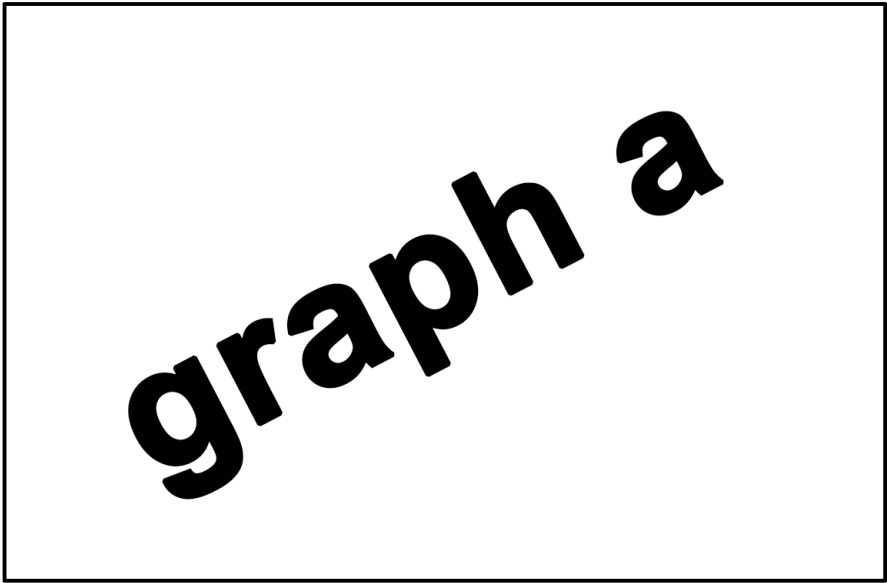


Figure 1.1: LiDAR Scanner Point Cloud

1.4.2 Photogrammetry

This works by...

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

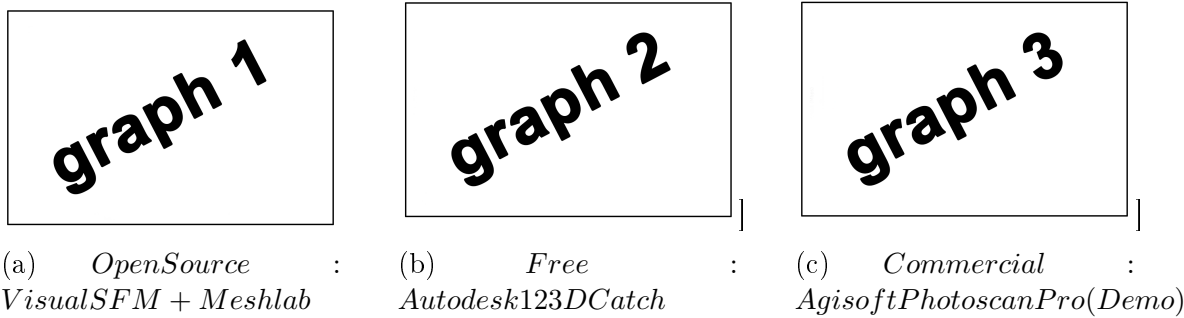


Figure 1.2: Multiview Reconstruction from historic stereo pairs

Comparison of various software, commercial and non-commercial with results  
Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum

in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

### **1.4.3 Google Maps (R)**

This works by...

rough 3D building shapes

### **1.4.4 Open Street Map (R)**

This works by...

Indoor version

### **1.4.5 Bavarian State Office for Survey and Geoinformation**

### **1.4.6 Autonomous mapping with UAV's and SLAM**

### **1.4.7 Manual methods**

If all other methods fail, there is still the chance to get a reconstruction done roughly by taking measurements of real objects with measuring tapes or eyeballing. Loading views from the front, side and top view into a 3D software can already yield decent results.

## **1.5 Defining the scope of my work**

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.

# Chapter 2

## Background Research

### 2.1 The Pellerhaus history

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi.

### 2.2 3D Panorama

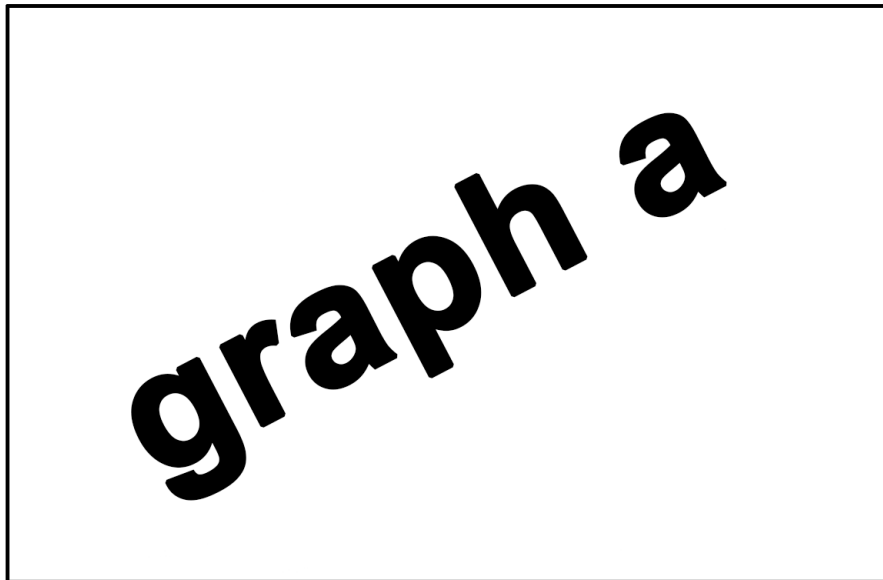


Figure 2.1: 3D Panorama Sphere

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh

lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis see ???. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur.

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula. see ??

## 2.3 Types of projections

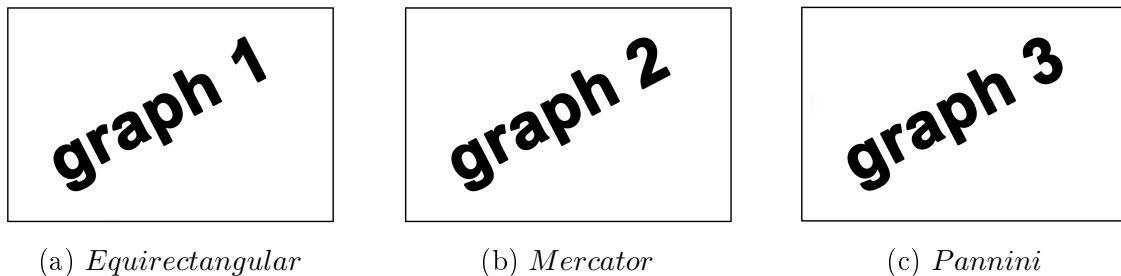


Figure 2.2: Three example projections

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.



# Chapter 3

## Converting from point cloud to Blender 3D

### 3.1 Concept

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi.

#### 3.1.1 Use case diagram

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi.

#### 3.1.2 UML class diagram

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur.

A	B	C
1	3	4
1	3	4

Table 3.1: very basic table caption

## 3.2 Generating data and testing algorithms

### 3.2.1 BlenSor

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.

### 3.2.2 Test-Addon for Blender

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.

## 3.3 Prototype

### 3.3.1 Point Cloud Importer

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.

#### Point Cloud data formats

### 3.3.2 Projecting 3D points onto a 2D plane

### 3.3.3 Saving textures

### 3.3.4 Performance Optimization

### 3.3.5 Meshing

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur

Day	Max Temp	Min temp
Mon	20	13
Tue	22	14
Wed	23	12
Thu	25	13
Fri	18	7
Sat	15	13
Sun	20	13

(a) First Week

Day	Max Temp	Min Temp
Mon	17	11
Tue	16	10
Wed	14	8
Thu	12	5
Fri	15	7
Sat	16	12
Sun	15	9

(b) Second Week

Table 3.2: Max and min temp recorded during the first two weeks in January

mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

3.3.6 Mesh Exporter

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.



# Chapter 4

## Production

### 4.1 Modeling the current Pellerhaus

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi[Sch14].

#### 4.1.1 Using the converter

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi[Sch14].

#### 4.1.2 Using UAV references with photogrammetry

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi[Sch14].

## 4.2 Modeling the original Pellerhaus

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur[see GMS93, p10].

### 4.2.1 Using historic images as guide

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur[see GMS93, p10].

### 4.2.2 Using historic stereoscopic images with photogrammetry

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur[see GMS93, p10].

## 4.3 Modeling the destructed Pellerhaus

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a[compare Vel15].

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis

urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula[e.g. Sch14, page300].

## 4.4 Animating between the states

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.

## 4.5 Lighting and Rendering

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.

## 4.6 Animating between the states

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.





# Chapter 5

## Conclusion and Future Work

### 5.1 Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam hendrerit interdum sagittis. Nulla facilisi. Pellentesque laoreet tincidunt semper. Pellentesque pellentesque lectus id arcu interdum cursus ut ac dui. Etiam feugiat nisl ac odio suscipit pretium venenatis eget diam. Morbi molestie ipsum sit amet sapien rutrum luctus. Proin ac dolor ut metus laoreet aliquam non id nunc. Curabitur non efficitur dolor. Donec iaculis, dui et porta iaculis, magna tellus placerat ex, sed porta sem ligula ac augue. Fusce vitae sagittis ex. Pellentesque faucibus cursus elit, et faucibus velit cursus in. Nam lobortis id neque id hendrerit. Fusce et dolor nisi.

### 5.2 Future Work

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec non auctor sem, sit amet fringilla purus. Phasellus eu orci et nibh lobortis faucibus id vel lorem. Aliquam ut diam id mi aliquam finibus eu id neque. Nam consequat efficitur mi sed maximus. Nullam egestas neque enim. Nulla nec eleifend mauris, eget sollicitudin velit. Quisque ultricies feugiat neque ut condimentum. Aliquam vehicula faucibus sapien non convallis. Nullam consectetur sagittis sollicitudin. Nulla mollis laoreet metus et consectetur.

Etiam non volutpat diam. Nam ac consectetur felis. Ut nec mi dictum, lobortis mauris quis, dapibus ligula. Nulla porttitor diam sed mauris dapibus posuere. Fusce pellentesque odio at nisl placerat porta. Donec urna risus, iaculis vitae justo quis, tempus ullamcorper diam. Integer eu gravida est. Phasellus eu ex tincidunt urna tempus pulvinar in in metus. Mauris tempus magna ac finibus suscipit. Praesent malesuada magna nibh, at rutrum felis semper a.

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Cras quis pharetra libero. Pellentesque consectetur, quam vel ultrices finibus, sem enim consectetur mi, in dictum tellus leo eu ante. Maecenas consequat egestas erat, in vestibulum velit pulvinar ac. Suspendisse ullamcorper augue sapien, ac suscipit nulla dictum in. Nam sit amet congue ipsum. Aenean non felis malesuada, feugiat lectus a, tincidunt quam. Fusce nec quam egestas, vulputate est in, commodo nisi. Phasellus id nunc sit amet quam iaculis ornare eu id libero. Ut tempor nisi sed est pretium auctor. Donec in nunc turpis. Integer non tristique dolor. Curabitur a elit mollis

urna finibus scelerisque sit amet vel erat. Nullam nec maximus erat. Duis ante mi, posuere ut lobortis nec, posuere eu ligula.

Aliquam at varius elit. Suspendisse viverra ex a ipsum scelerisque condimentum. Nam ac neque luctus, ullamcorper neque sit amet, tincidunt felis. Maecenas id orci rutrum, tincidunt nisl non, aliquam sapien. Aenean vestibulum erat ut nisl vehicula, quis rutrum eros fermentum. Maecenas ut arcu elit. Cras vestibulum pharetra facilisis. Quisque non elit iaculis leo dignissim faucibus. Etiam fringilla tortor nibh, sit amet volutpat diam consequat ac. Sed consectetur metus quis suscipit sollicitudin. Morbi imperdiet scelerisque nunc, in dapibus lacus. Praesent ullamcorper condimentum augue vitae finibus.

# Appendix A

## Appendix Title

### A.1 Software used

#### A.1.1 $\text{\LaTeX}$

This paper was written in  $\text{\LaTeX}$ . On windows, TeXstudio in conjunction with MikTeX (both portable versions) have been used for visual creation of the document. I decided to switch from the free version Adobe InDesign CS 2.0 to  $\text{\LaTeX}$  in favor of it being cross-platform and hoping to make it easier to publish the thesis online in the future. Since I have never worked with  $\text{\LaTeX}$  before, various tutorials [Sha13; Vel15] on the internet have been a great help.

#### A.1.2 Blender 3D

To cleanup the generated mesh, retopologize it and create the 3D animations of the Pellerhaus, Blender was used.

### A.2 Programming libraries and frameworks

#### A.2.1 Qt 5.4

Qt is an open source framework ...



# Bibliography

- [Ble14] Adam Kalisz (BlenderEi). *Point Cloud support in Blender: What's already there and what does the community need*. 2014. URL: <http://blenderartists.org/forum/showthread.php?349851-Point-Cloud-support-in-Blender-What-s-already-there-and-what-does-the-community-need> (Retrieved 01/24/2015).
- [Sch14] Rayk Schroeder. “Was kann eigentlich dieser LIDAR-Scanner? (German) [What is this LIDAR-Scanner capable of?]” In: *Digital Production* 07 / 14 (2014), pp. 8–9.
- [GMS93] Michel Gaussians, Frank Mittelbach, and Alexander Samorin. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Heading, Massachusatz: Addison-Wesley, 1993.
- [Vel15] Claudio Vellage. *L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Tutorial – Interactive Lessons, Code Examples – For Beginners*. 2015. URL: <http://www.latex-tutorial.com/> (Retrieved 01/23/2015).
- [Sha13] ShareLaTeX. *Youtube: How to Write a Thesis in LaTeX (parts 1 to 5)*. 2013. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gFAQd0ueIMc&index=1&list=PLCRFsOKSM7eNGNghvT6QdzsDYwSTZxqjC> (Retrieved 01/23/2015).