

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Internationaler Studiengang Medieninformatik

**Masterarbeit**

von

**Daniel Schneider**

**Photogrammetrie zur Platzierung von standortbezogenen  
dynamischen Inhalten in AR**

Photogrammetry for placement of location-based dynamic  
content in AR



Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich Informatik, Kommunikation und Wirtschaft

Studiengang Internationaler Studiengang  
Medieninformatik

**Masterarbeit**

von

**Daniel Schneider**

**Photogrammetrie zur Platzierung von standortbezogenen  
dynamischen Inhalten in AR**

Photogrammetry for placement of location-based dynamic  
content in AR

Bearbeitungszeitraum: von 13.05.2019  
bis 16.09.2019

1. Prüfer: Prof. Dr. Tobias Lenz

2. Prüfer: Prof. Dr. Klaus Jung

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich Informatik, Kommunikation und Wirtschaft

Eigenständigkeitserklärung

---

Name und Vorname  
der Studentin/des Studenten: **Schneider, Daniel**

Studiengang: **Internationaler Studiengang Medieninformatik**

---

Ich bestätige, dass ich die Masterarbeit mit dem Titel:

**Photogrammetrie zur Platzierung von standortbezogenen dynamischen Inhalten  
in AR**

selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine  
anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und  
sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

---

Datum: 9. Juli 2019

Unterschrift:

---

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich Informatik, Kommunikation und Wirtschaft

## Masterarbeit Zusammenfassung

---

Studentin/Student (Name, Vorname):	<b>Schneider, Daniel</b>
Studiengang:	Internationaler Studiengang Medieninformatik
Aufgabensteller, Professor:	Prof. Dr. Tobias Lenz
Durchgeführt in (Firma/Behörde/Hochschule):	HTW Berlin
Betreuer in Firma/Behörde:	
Ausgabedatum: 13.05.2019	Abgabedatum: 16.09.2019

---

Titel:

**Photogrammetrie zur Platzierung von standortbezogenen dynamischen Inhalten in AR**

---

Zusammenfassung:

"Zusammenfassung"

Schlüsselwörter: Photogrammetrie, Augmented Reality, standortbezogene Daten, Android, Java

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Photogrammetrie</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Verfahren zur Generierung von Mapping Daten der Umwelt</b>	<b>3</b>
3.1	Simultaneous Localisation and Mapping . . . . .	3
3.1.1	EKF-SLAM . . . . .	5
3.1.2	FAST-SLAM . . . . .	5
3.1.3	SLAM für mobiles Augumented Reality . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Implementation einer AR Anwendung für Android</b>	<b>6</b>
4.1	Verwendete Hard und Software . . . . .	6
4.1.1	Ar Core . . . . .	6
4.1.2	Sceneform . . . . .	6
4.1.3	Google Location Service . . . . .	6
4.1.4	Dexter . . . . .	6
4.1.5	Volley . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Praxistest</b>	<b>7</b>
5.1	Anwendungsbeispiel . . . . .	7
5.2	Benchmarks . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Weitere Verfahren</b>	<b>8</b>
6.1	Depth Map by Dual Camera . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>9</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>10</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>11</b>

# 1 Einführung und Motivation

Photogrammetrie ist "die Wissenschaft und Technologie der Gewinnung von Informationen über die physische Umwelt aus Bildern, mit einem Schwerpunkt auf Vermessung, Kartierung und hochgenauer Messtechnik". (Heipke, 2017, S.5 [1]) Die Photogrammetrie beschäftigt sich mit der Rekonstruktion von dreidimensionalen Daten aus zweidimensionalen Informationsträgern, wie Bildern oder Laserscan Daten. Dabei gehen diese Daten alle auf das Prinzip der Aufnahme der elektromagnetischen Strahlung zurück. Bei Bildern ist das die Helligkeits und Farbverteilung, bei Laserscans, Entfernungsbilder, beziehungsweise Punktwolken. Die Disziplin der Photogrammetrie ist dabei dem Bereich der Fernerkundung zuzuordnen, die sich mit der Auswertung von geometrischen oder semantischen Informationen beschäftigt. Beides sind Fachbereiche, die sich über die Jahrzehnte entwickelt haben und sich dem Gebiet der Geodäsie zuordnen lassen. Die Geodäsie erfasst Geoinformationen über die Erde, die dann beispielsweise mit Kartographie visualisiert werden können. Das Gebiet der Computer Vision, das sich größtenteils parallel mit der Photogrammetrie entwickelt hat, verfolgt den gleichen Ansatz. Auch hier ist die Auswertung digitaler Bilder das zentrale Element. Nachdem sich Photogrammetrie und Computer Vision lange unabhängig voneinander entwickelt haben, ist heute Photogrammetrie als Grundlage von Computer Vision anerkannt. (vgl. [1] S. 5-7)

Durch die rasante Entwicklung der Technik und der damit eingehenden Steigerung der Rechenpower, sind die Bereiche, in denen Photogrammetrie eingesetzt werden kann gestiegen. Im Rahmen dieser Arbeit soll evaluiert werden, ob photogrammetrische Verfahren bei Smartphones eingesetzt werden können, um in Echtzeit aus Videodaten die dreidimensionale Beschaffenheit der gefilmten Objekte zu rekonstruieren. Weiterhin soll dieses Verfahren genutzt werden um anschließend ein dreidimensionales Koordinatensystem mit Tiefeninformationen zu erzeugen, in welches dann dynamische Standortinformationen, im Stil von Augmented Reality, eingeblendet werden können. Dazu ist im Rahmen dieser Arbeit eine auf dem Android Betriebssystem basierende Anwendung erstellt worden.

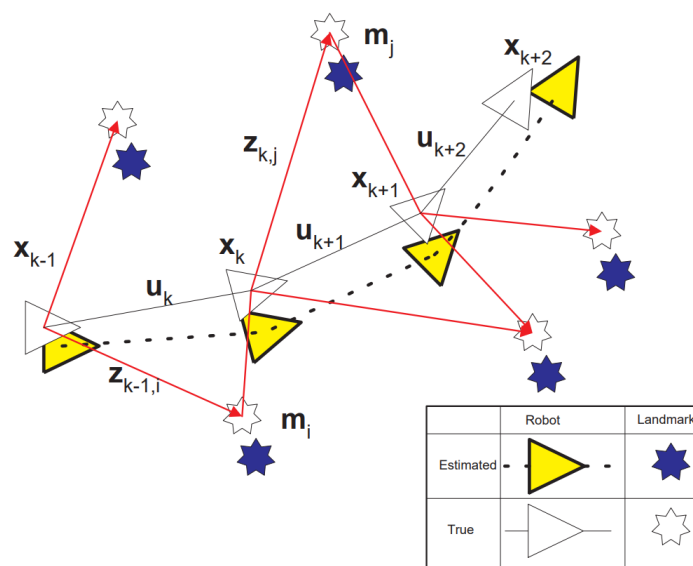
## 2 Photogrammetrie



## 3 Verfahren zur Generierung von Mapping Daten der Umwelt

### 3.1 Simultaneous Localisation and Mapping

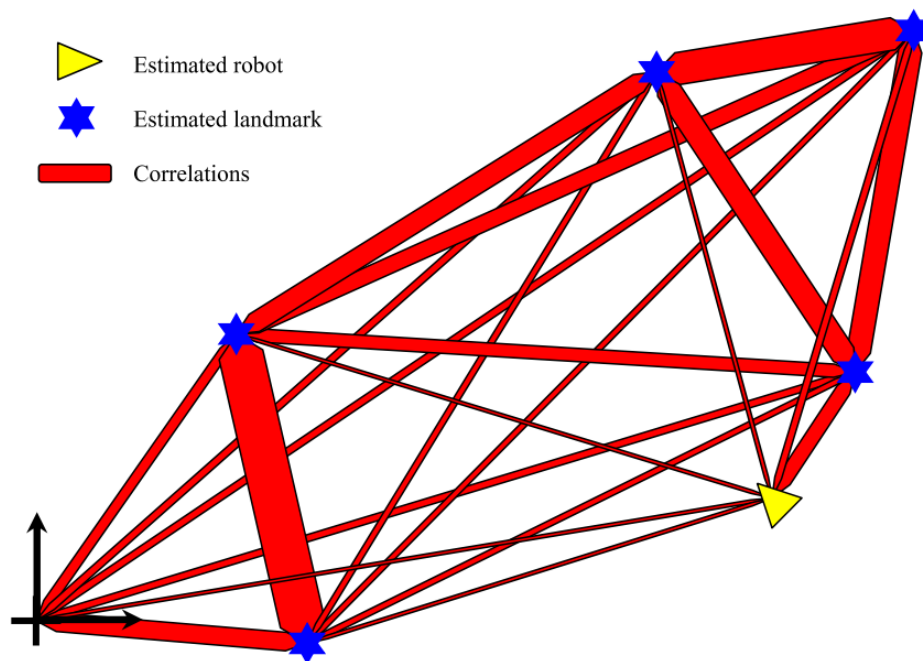
Simultaneous Localisation and Mapping, kurz SLAM, ist ein Verfahren zur Analyse einer unbekannten Umgebung und Erstellung einer Map, während gleichzeitig die lokale Position innerhalb dieser Map bestimmt wird. Die Lösung dieses SLAM Problems war vor allem in der Robotik eine fundamentale Aufgabe der letzten zwei Jahrzehnte. Das meistern dieser Technik würde Roboter wirklich autonom steuern lassen. Bei SLAM wird die Bewegung des Objekts an sich durch den Raum und die Position aller zur positionsbestimmung notwendigen Merkmale berechnet, ohne auf vorheriges Wissen, über Position oder Lage im Raum, Kenntniss zu haben. (vgl. [2] S. 1-2)



**Abbildung 3.1:** Das SLAM Problem: Die wahren absoluten Positionen der extrahierten Features sind nie wirklich bekannt. Bildquelle [2]

Wie in Abbildung 3.1. erkennbar ist, bewegt sich ein Roboter durch eine unbekannte Umgebung und nimmt mit seinem Sensor Features der näheren Objekte (Landmarks) auf. Wobei  $\mathbf{x}_k$  der Vektor des Roboters,  $\mathbf{u}_k$  der Bewegungsvektor,  $\mathbf{m}_i$  der Vektor des Landmarks und  $\mathbf{z}_{ik}$  die Observation eines Landmarks durch den Roboter zur Zeit  $k$  sind. Wie man sehen kann, ist der Fehler zwischen echten und geschätzten Landmarks, bei allen geschätzten Landmarks ähnlich, was an der initialen Betrachtung der Umgebung liegt. Zu diesem Zeitpunkt wird nur das erste Feature erkannt. Daraus kann man schließen, dass die Fehler in der Schätzung der Landmarkpositionen korrelieren. Praktisch bedeutet dies, dass die relative Position zweier Landmarks,  $\mathbf{m}_i - \mathbf{m}_j$  zueinander sehr genau sein kann, auch wenn die absolute Position sehr ungenau ist.

Je mehr Landmarks in das Modell aufgenommen werden, desto gleichbleibend besser wird das Modell der relativen Positionen, egal wie sich der Roboter bewegt. Dieser Prozess wird in Abbildung 3.2. veranschaulicht.



**Abbildung 3.2:** Die Landmarks sind durch Federn verbunden, welche die Korrelation zwischen ihnen darstellen. Bildquelle [2]

Während sich der Roboter durch die Umgebung bewegt, werden die Korrelationen stetig aktualisiert. Je mehr Beobachtungen über die Umwelt gemacht werden, desto steifer werden die Federn in diesem Modell. Im Nachhinein werden neue Beobachtungen von Landmarks durch das ganze Netzwerk propagiert und je nach Input, kleinere oder größere Anpassungen vorgenommen.

Lösungen für das SLAM Problem benötigen eine angemessene Repräsentation für die Observierungen der Landmarks, welche eine konsistente und schnelle Berechnung ermöglichen. Die geläufigste Repräsentation besteht in der Form einer Zustandsraumdarstellung mit Gaußschen Rauschen, was zur Verwendung des „Extended Kalman Filter“ (EKF) führt. Eine weitere alternative Repräsentation ist die Beschreibung der Features als Datenset aus Stichproben in einer nicht gaußschen Wahrscheinlichkeitsverteilung. Diese Methodik benutzt den „Rao-Blackwellised particle filter“ oder den Fast-SLAM Algorithmus. (vgl. [2] S. 2-4)

### 3.1.1 EKF-SLAM

[http://www.iri.upc.edu/people/jsola/JoanSola/objectes/curs\\_SLAM/SLAM2D/SLAM%20course.pdf](http://www.iri.upc.edu/people/jsola/JoanSola/objectes/curs_SLAM/SLAM2D/SLAM%20course.pdf)

### 3.1.2 FAST-SLAM

<http://www.cs.cmu.edu/~mmde/mmdeaaai2002.pdf> <http://srl.informatik.uni-freiburg.de/publicationsdir/grisettiRAS07.pdf>

### 3.1.3 SLAM für mobiles Augmented Reality

Das Ziel von Augmented Reality ist es virtuelle Objekte oder Informationen in die echte Welt zu integrieren, um den Benutzer zusätzliche Informationen in die betrachtete Szene zu liefern. Dazu ist es notwendig, die echte und die virtuelle Welt präzise aneinander auszurichten. Dann kann für jedes Frame aus der Sequenz des Videobildes die genaue Position des mobilen Gerätes bestimmt werden. Um dieses Ziel des exakten Matchings von Realität und generierter Virtueller Realität zu erreichen, ist "Camera Localization", also die Lokalisierung der Kamera im dreidimensionalen Raum, anhand von aufgenommenen zweidimensionalen Daten, die Schlüsseltechnologie für alle Augmented Reality Anwendungen. (vgl. [3] S.1)

<https://hal.inria.fr/hal-00994756/document> <https://pdfs.semanticscholar.org/00f4/41387f04f40aad6491ce23bdeb0ece17d12e.pdf>

### 3.1.4 SLAM als Core für viele AR APIs

## **4 Implementation einer AR Anwendung für Android**

### **4.1 Verwendete Hard und Software**

#### **4.1.1 Ar Core**

#### **4.1.2 Sceneform**

#### **4.1.3 Google Location Service**

#### **4.1.4 Dexter**

#### **4.1.5 Volley**

## **5 Praxistest**

### **5.1 Anwendungsbeispiel**

### **5.2 Benchmarks**

## **6 Weitere Verfahren**

### **6.1 Depth Map by Dual Camera**

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

# Literaturverzeichnis

- [1] Heipke, C. (2017), „Photogrammetrie und Fernerkundung“, 1.Auflage, Berlin: Springer Verlag, S. 5-7.
- [2] Hugh Durrant-Whyte, Tim Bailey (2006), Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. [https://people.eecs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte\\_Bailey\\_SLAM-tutorial-I.pdf](https://people.eecs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte_Bailey_SLAM-tutorial-I.pdf) (Zuletzt abgerufen am 09.07.2019)
- [3] Pierre Martin, Eric Marchand, Pascal Houlier, Isabelle Marchal. Mapping and re-localization for mobile augmented reality. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Oct 2014, Paris, France. <https://hal.inria.fr/hal-00994756/document> (Zuletzt abgerufen am 09.07.2019)



# Abbildungsverzeichnis

3.1	Das SLAM Problem: Die wahren absoluten Positionen der extrahierten Features sind nie wirklich bekannt. Bildquelle [2] . . . . .	3
3.2	Die Landmarks sind durch Federn verbunden, welche die Korrelation zwischen ihnen darstellen. Bildquelle [2] . . . . .	4