



Technische  
Universität  
Braunschweig



Technische Universität Braunschweig  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
Prof. Dr.-Ing. Markus Gerke

## **Mini-Projekt Abschlussbericht**

# **Modellieren und Analysieren anhand von erfassten Datensätzen des Pavillons**

Julius Engelmann

xxxxxx

Nils Kleine-Heßling

xxxxxx

Rui Luo

xxxxxx

Braunschweig, March 2021

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	iii
Tabellenverzeichnis .....	iv
Abkürzungsverzeichnis .....	v
1 Einleitung und Aufgabenstellung (Julius) .....	6
1.1 Aufgabenstellung und Praxisbezug des Projekts .....	6
1.2 Ziele des Projekts .....	7
1.2.1 Erlernte Qualifikationen .....	7
1.2.2 Erfassung und Analyse des gebauten Pavillons .....	7
2 Photogrammetrie (Modellierung) .....	8
2.1 Ziele und Methodik (Nils) .....	8
2.2 Daten und verwendete Software (Julius) .....	8
2.2.1 Luftbilder .....	8
2.2.2 Terrestrische Bilder .....	8
2.2.3 Eingesetzte Software (Pix4Dmapper) .....	9
2.3 Vorbereitung und Orientierung des Bildverbandes (Rui) .....	9
2.4 Bündelblockausgleichung (Julius) .....	10
2.5 Erstellung von Punktwolken und 3D-Modell (Nils) .....	10
2.6 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Rui) .....	10
3 Photogrammetrie (Vergleich) .....	12
3.1 Ziele und Methodik (Julius) .....	12
3.2 Daten und verwendete Software (Rui) .....	12
3.3 Modellierung as-built Modell (Nils) .....	13
3.4 Vergleichsstrategien (Nils) .....	13
3.4.1 Vergleich und Auswertung in 2D .....	13
3.4.2 Vergleich und Auswertung in 3D .....	13
3.5 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Julius) .....	13
4 Bildverarbeitung .....	13
4.1 Ziele und Methodik (Nils) .....	13
4.2 Daten und verwendete Software (Rui) .....	13
4.3 Vorverarbeitung (Julius) .....	14
4.3.1 Histogramm Änderung (Julius) .....	14
4.3.2 Glättungsfilter (Julius) .....	14
4.3.3 Kantenfilter (Nils) .....	15
4.4 Segmentierung (Rui) .....	15
4.4.1 Regionsbasierte Methoden .....	15
4.4.2 Kantenbasierte Methoden .....	19
4.5 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Nils) .....	26
5 Zusammenfassung und abschließende Bewertung (Julius) .....	26

6 Eidesstattliche Erklärung.....	28
Quellenverzeichnis.....	28
Anhang A.....	29

## Abbildungsverzeichnis

Reihenfolge nach kapiteln

**Fehler! Es wurden keine Einträge für das Abbildungsverzeichnis gefunden.**

## Tabellenverzeichnis

Reihenfolge nach kapiteln

**Fehler! Es wurden keine Einträge für das Abbildungsverzeichnis gefunden.**

Der Bericht sollte wissenschaftlichen Grundanforderungen genügen, s. auch Bewertungskriterien in dem Anhang 1. Zum Beispiel:

- • zu Beginn: klare Definition der Aufgabenstellung/des Problems.
- • pro Unteraufgabe: Einbettung in den Kontext, inkl. Verweis auf Grundlagen, bzw. kurze Zusammenfassung (hier aber nur soweit das für die durchgeführten Arbeiten notwendig ist).
- • pro Unteraufgabe: Beschreibung der Methodik, Ergebnisse, kritische Bewertung der Ergebnisse (aufgrund stichhaltiger Hinweise/Beobachtungen).
- • am Ende ist eine Zusammenfassung erforderlich.
- • Literatur-/Quellenangabe. Verweise auf Literatur im Text müssen in der Literaturliste auftauchen; alle Einträge in der Liste müssen mindestens einmal zitiert sein.
- • Abbildungen: jede Abbildung sollte im Text referenziert werden und eine Beschreibung sollte in den Fließtext aufgenommen werden.

## Abkürzungsverzeichnis

Bzw.	beziehungsweise
GSD	Ground sampling istance
HT	Hough Transformation

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung (Julius)

In diesem einleitenden Kapitel wird der Bezug dieses Berichts bzw. des gesamten Projekts zur ingenieurtechnischen Praxis gezogen und die konkreten Ziele der Bearbeitung erläutert. Die beiden Bereiche Photogrammetrie, unterteilt in Modellierung und Vergleich, und die Bildverarbeitung stellen jeweils für sich abgeschlossenen Abschnitte dar. Innerhalb dieser wird auf deren spezifische Zielsetzung und Methodik eingegangen. Letztere wird sowohl ausführlich vorgestellt als auch abschließend diskutiert. Der Bericht schließt unter Berücksichtigung der angestrebten Ziele und der vorgestellten Methoden sowie Ergebnisse mit einer abschließenden Bewertung ab.

## 1.1 Aufgabenstellung und Praxisbezug des Projekts

Das betrachtete Gebäude in diesem Projekt ist ein Pavillon auf dem Nordcampus der Technischen Universität Braunschweig. Unter der Prämisse einen eigenen Architekturentwurf zu planen und bis zur Fertigstellung zu begleiten, entstand der multifunktionale Pavillon in Holzbauweise als studentischen Projekt. Er umfasst eine Fläche von 35 m<sup>2</sup>, bietet rund 20 Personen Platz und ist durch die Holzbauweise sowie die ausgefallene Dachstruktur ein optisches Highlight, wie in Abbildung XYZ zu sehen ist.

Durch die überschaubare Größe eignet er sich sehr gut als Beispielobjekt für dieses Projekt. So ist einerseits die Aufnahme des Objekts mit einer verhältnismäßig geringen Menge an Bildern möglich, wodurch weitere photogrammetrische Prozesse nicht zu arbeitsintensiv werden. Andererseits ist durch die Bauweise eine Vielzahl an Details vorhanden, welche sich perfekt zum Veranschaulichen diverser bildverarbeitender Techniken einigen.

Hieraus ergibt sich die konkrete Aufgabenstellung. Es soll aus den zur Verfügung gestellten Bild-Datensätze ein dreidimensionales Modell des Pavillons erzeugt werden und daraus eine Punktwolke abgeleitet werden. Mit diesen Informationen soll im Anschluss ein Vergleich zwischen einem digitalen und dem vom gebauten Bauwerk abgeleiteten Modell vollzogen werden. Darüber werden mögliche Baufehler sichtbar bzw. kann die Ausführung auf dem Bau kontrolliert werden. Überträgt man diesen Ansatz in die Praxis ergibt sich dadurch ein sehr mächtiges Werkzeug um große Projekte in der Entstehung zu überwachen. So ist es denkbar beim Erreichen bestimmter Projektmeilensteine den aktuellen Baufortschritt aufzunehmen und diesen mit dem Soll-Zustand zu vergleichen. Dabei können von der Datenaufnahme über die Verarbeitung bis hin zur Auswertung viele Prozesse automatisiert vollzogen werden. Letztlich ergibt sich dadurch eine sehr detaillierte Erfassung des Bauprojekts mit im Verhältnis dazu überschaubarem Aufwand, insbesondere wenn sich dadurch schwerwiegende Fehler frühzeitig erkennen lassen.

Die Aufgabenstellung für die Bildverarbeitung kann hingegen weiter gefasst werden. Hier können zum Beispiel über Segmentierung und vorherige Bearbeitungsschritte die zuvor angesprochene Automatisierung maßgeblich unterstützt werden, indem Zielmarken automatisch erkannt werden. Doch auch zur weiteren Analyse von Bildinhalten, wie etwa Fehler oder auch zur Vermessung, können Techniken aus der Bildverarbeitung genutzt werden. Im konkreten Fall des Pavillons ergeben sich durch die bereits erwähnten Details diverse Möglichkeiten die Methoden der Bildverarbeitung zu erproben bzw. auf Nutzen bei bestimmten Fragestellungen zu testen.

Während also die Photogrammetrie einen direkten Praxisbezug aufweist und anhand dieser erlernt wird, steht auf Seite der Bildverarbeitung eher das Kennenlernen der diversen Techniken, welche jedoch in den meisten Fällen unterstützend zur Lösung eines darüberstehenden Problems genutzt werden kann.

## 1.2 Ziele des Projekts

An dieser Stelle bietet sich eine Unterscheidung in zwei grundsätzlich unterschiedliche Zielarten ein. Einerseits gibt es den Zugewinn von uns Studierenden auf einer Wissens- und Fähigkeitsbasis. Andererseits gibt es klare Ziele mit Bezug zum Pavillon.

### 1.2.1 Erlernte Qualifikationen

Allen voran ist hier das grundlegende photogrammetrisches Verständnis anzuführen, wie etwa die in Kapitel 2.4 genauer erläuterte Bündelblockausgleichung. Aus dieser Grundlage ergibt sich die Fähigkeit für uns in diversen Bereichen dieses Wissen anzubringen und letztlich auch aufkommende Schwierigkeiten analysieren zu können. Selbst wenn wie in diesem Projekt die genaue Berechnungsprozesse der verwendeten Software Pix4D, siehe Kapitel 2.2.3, nicht genauer betrachtet worden sind. Angeführt werden kann hier ein GSD-Fehler bei der Berechnungsgenauigkeit im Programm. Gemäß diesem gibt es eine Ungenauigkeit. Diese liegt jedoch nicht in fehlerhafter Programmführung begründet, sondern resultiert aus den verwendeten Datensätzen. Ohne die erlernten Grundlagen wäre diese Fehleranalyse nicht möglich gewesen und man hätte vergebens nach einem Fehler gesucht. Aus diesen Grundlagen ergibt sich entsprechend auf die Fähigkeit die Möglichkeiten aber auch die Grenzen solcher Techniken im Bezug auf eine Problemstellung zu evaluieren.

Auch für die Bildverarbeitung lässt sich das Verständnis der Prozesse als wichtigstes Element anführen. Durch die Vielzahl an erlernten Methoden, die genauer in Kapitel 4.3 und 4.4 erläutert werden, kann eine aufkommende Problemstellung analysiert und mit den entsprechenden Methoden bearbeitet werden. Insbesondere als vorteilhaft lässt sich hier hervorheben, dass die Methoden von den Grundlagen her erlernt worden sind. Daraus resultiert ein tiefes Verständnis für die Auswirkung der Methoden auf Bildinhalten. So lässt sich begründet eine sinnvolle Reihenfolge der Anwendungen für ein konkretes Problem ableiten ohne auf eine „Trial-and-Error“-Methode zurückgreifen zu müssen. Zwar wurden die Methodik primär in diesem Projekt angewendet, doch durch eben dieses fundierte Grundlagenverständnis ist eine Anwendung auf weitere Aufgaben ohne weiteres möglich. Möglicherweise sogar in Bereichen wo bislang solche Methoden noch gar keinen Einsatz gefunden haben.

### 1.2.2 Erfassung und Analyse des gebauten Pavillons

Wie es bereits im Praxisbezug verdeutlicht wurde, liefern photogrammetrische Verfahren eine Alternative zum händischen Ausmessen von der erfolgten Ausführung am Bau. Im konkreten Fall des Pavillons kann grundlegend über den Vergleich des Soll-Modells mit dem Ist-Modell ermittelt werden, ob es zu Abweichungen gekommen ist und in welcher Art und Weise.

Des Weiteren ergibt sich durch die Bildverarbeitung die Möglichkeit die konkreten Fehler hervorzuheben oder gar erst sichtbar zu machen. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich, angenommen es gäbe keine vorherige 3D Modellierung, die Besonderheiten eines Bauwerkes zu erfassen. Im Fall von diesem Pavillon wäre dies bspw. die außergewöhnliche Formgebung der Dachstruktur. Durch diesen



besonderen Charakter kam es jedoch auch zu Fehlern in der Ausführung, die durch geschickte Verarbeitung der Bilder deutlich hervorgehoben werden kann, vgl. Kapitel XYZ.

## **2 Photogrammetrie (Modellierung)**

### **2.1 Ziele und Methodik (Nils)**

### **2.2 Daten und verwendete Software (Julius)**

Im Bereich der Photogrammetrie gab es zwei unterschiedlich aufgenommene Datensätze, die nachfolgend präsentiert werden. Sämtliche Verarbeitung dieser Daten erfolgte mittels der Software Pix4D, die ebenfalls kurz vorgestellt wird.

#### **2.2.1 Luftbilder**

Mithilfe einer Drohne wurde der zu modellierende Pavillon. Durch die stetige Orthogonalität der Bilder im Bezug auf die Erdoberfläche sind die Bilder aus sehr vielen verschiedenen „Standpunkten“ aufgenommen worden. Genaugenommen waren es 119 Orte und dementsprechend sind auch 119 Bilder erfasst worden. Den genauen Flugkorridor sowie eine Beispielaufnahme sind in den Abbildungen X und Y zu finden. Für die spätere Weiterverarbeitung ist ein möglichst exakter Bezug der Bilder zueinander herzustellen. Theoretisch ist dies bereits anhand der GPS-Daten möglich. Exakter gelingt dies jedoch über zusätzliche Marker. Im Fall der Drohnenbilder sind bunte, Frisbee ähnliche Scheiben genutzt worden. Diese verfügen in der Mitte einen Glasprisma dessen Reflektion auf Bildern sehr gut erkennbar ist. Rund um den Pavillon sind daher insgesamt sieben solcher Scheiben verteilt worden. GGF Bezug zur Bündelblockausgleichung.

#### **2.2.2 Terrestrische Bilder**

Die Bilder der Drohne geben nur rudimentär Infos über die Seitenwände und quasi gar keine Informationen über den Innenraum. Für ein vollständiges Modell ist dies jedoch auch sehr wichtig, weswegen zusätzlich Bilder mit einem terrestrischen Laserscanner aufgenommen worden sind. Diese wurden sowohl für den Innenbereich als auch die Außenwände angefertigt. Letztere sind zwar eingeschränkt auch bereits über die Luftbilder modellierbar, aber die sehr filigrane Wandstruktur lässt sich nicht zufriedenstellend wiedergeben. Da die terrestrischen Aufnahmen mit deutlich weniger Abstand aufgenommen worden sind, kamen Zielmarken für die Orientierung der Bilder zum Einsatz. Der Mittelpunkt lässt sich durch das Muster auf den Fotos noch deutlich genauer als der Mittelpunkt der Marker der Drohnenbilder ausrichten. Ein Beispiel einer solchen Zielmarke ist im Beispielbild der terrestrischen Bilder zu sehen. Zwei Bilder beifügen mit Außen und Innenansicht.

#### **2.2.3 Eingesetzte Software (Pix4Dmapper)**

Bei Pix4D handelt es sich um

Alamouri -> Hier drauf achten:

- Nicht 1:1 von User Guide abzuschreiben.
- Nicht viele Theorie über das Konzept der Software (das ist nicht das Ziel des Projektes). Wir nutzen Pix4D als Tool.

## 2.3 Vorbereitung und Orientierung des Bildverbandes (Rui)

Um die Erstellung der Punktwolken und 3D-Modell zu bilden, muss man erst Vorbereitung nach der folgenden Reihe in Pix4D machen.

1. Starten eines neuen Projekts
2. Importieren der Bilder
3. Konfigurieren der Bildeigenschaften  
( Image Geolocation: Amersfoort/RD New und importieren GCPs File )
4. Auswahl des Ausgabe/GCP Koordinatensystems
5. Wählen die Vorlage für die Verarbeitungsoptionen aus

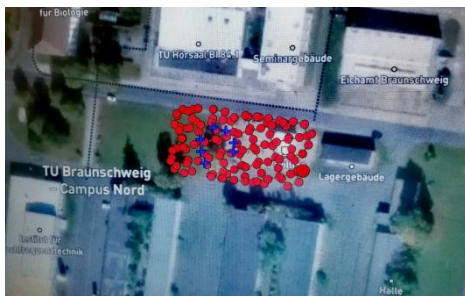


Abbildung 2-1

Am Ende wird das oben Ergebnis entstehen, damit kann man weiter Modellierung machen.

Die konkreten Schritte kann man durch Tutorial Dokument kennen lernen, und hier werden weiter nicht wiederholen.

## 2.4 Bündelblockausgleichung (Julius)

Vorstellung und Erklärung wozu es dient, wie es funktioniert und warum man es nutzt. Ggf. Bilder und externe Quelle

## 2.5 Erstellung von Punktwolken und 3D-Modell (Nils)

## 2.6 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Rui)

Nach der Erstellung von Punktwolken und 3D-Modell, ist es auch benötigt, die Qualität des Modells weiter zu überprüfen.

Theoretisch gibt es vier Möglichkeiten, die Qualitätsprüfung des Projekts zu machen.

1. Visuelle Inspektion der Rekonstruktion
2. Qualitätsbericht
3. Projektion in der Strahlwolke
4. Checkpoints verwenden

Hier wird der Qualitätsbericht (UAV) benutzt.

Quality check	Alle Markierungen sind grün, kann man nächsten Schritte ausführen.
Overlap	Die meisten Regionen sind grün, dies bedeutet, dass diese Region in mindestens 5 Bildern zu finden ist. Es handelt sich um eine gute Überlappung. Eine Region mit gelber und roter Farbe bedeutet, dass es mangelt an Vertrauen in die Qualität der Rekonstruktion in diesem Teil ist, die meisten zum Randbereich gehören.
2D keypoints Matches	Es gibt auch genug Übereinstimmungen zwischen den Bildern, Unsicherheitsellipsen sind immer noch klein.

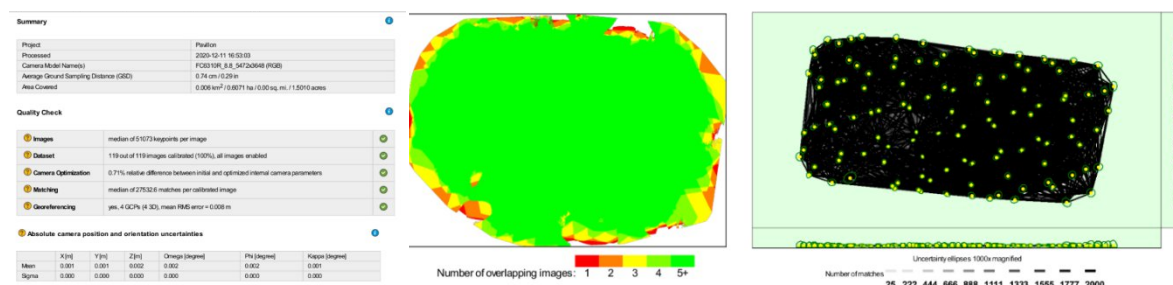


Abbildung 2-2

Unten sind die geografischen Einzelheiten.

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
100 (3D)	0.020/0.020	0.008	-0.006	0.011	0.640	54 / 54
103 (3D)	0.020/0.020	-0.015	-0.004	-0.008	0.553	36 / 36
104 (3D)	0.020/0.020	-0.011	0.005	0.000	0.655	59 / 59
106 (3D)	0.020/0.020	0.019	0.004	-0.003	0.678	60 / 60
Mean [m]		0.000018	-0.000102	0.000030		
Sigma [m]		0.013867	0.004767	0.007215		
RMS Error [m]		0.013867	0.004768	0.007215		

0 out of 3 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
101		-0.0035	-0.0025	-0.0060	0.6228	44 / 44
102		-0.0117	-0.0100	-0.0066	0.4156	48 / 48
105		0.0089	0.0127	0.0132	0.5943	63 / 63
Mean [m]		-0.002097	0.000071	-0.000435		
Sigma [m]		0.008452	0.009473	0.009728		
RMS Error [m]		0.008708	0.009474	0.009738		

Abbildung 2-3

Auf diesem Bild, ist es klar, dass 4 Punkte als GCPs und die anderen 3 als Check Points gesetzt werden.

Der Unterschied zwischen GCPs und Check Points steht darin, dass Check Points auch geografischen Informationen enthalten. Aber diese Informationen werden jedoch bei der Kamerakalibrierung nicht berücksichtigt. Informationen von Check Points werden mit berechneten Punkten verglichen, um die Qualität der Kalibrierung zu prüfen, d.h. Check Points liefern eine unvoreingenommenen Korrektheiten Schätzung. [1]

Wenn der Fehler klein ist, bedeutet dies, dass es sich um eine gute Kalibrierung handelt.

Es ist offensichtlich im Qualitätsbericht, dass die meisten Fehler im drei Richtung im Millimeter-Bereich liegen, nur wenige im Zentimeter-Bereich, also ist es eine gute Kalibrierung.

## 3 Photogrammetrie (Vergleich)

### 3.1 Ziele und Methodik (Julius)

Eingangs wurde das Beispiel der Baukontrolle als Anwendungsbeispiel eingebracht. Vergleich verschiedenen Modelle und verschiedene Vergleichsmöglichkeiten.

Ko registrierung -> Nils

### 3.2 Daten und verwendete Software (Rui)

1) Eingangsdaten:

- UAV point cloud
- As-designed model

2) 3D modeling Software: Revit und Pointcab

Revit wird hauptsächlich für die Modellierung von Gebäudeinformationen verwendet. Die Revit-Plattform ist ein Entwurfs- und Aufzeichnungssystem, das die für Bauprojekte erforderlichen Entwürfe, Zeichnungen und Zeitpläne unterstützt. Building Information Modeling (BIM) kann Informationen zu Design, Umfang, Menge und Phase des Projekts bereitstellen, die Sie verwenden müssen. [2]

PointCab ist eine leistungsstarke intelligente Punktwolken-Verarbeitungssoftware des deutschen Unternehmens PointCab GmbH, mit der hochauflösende Punktwolkendaten problemlos verarbeitet werden können. Die Punktwolkendaten kann in kurzer Zeit einen detaillierten 2D-Plan, eine Schnittansicht oder ein umfassendes 3D-Gebäudemodell oder Landschaftsmodell erstellen.

Die Software kann hochpräzise und detaillierte Orthofotos erstellen, das Volumen berechnen oder die Verformung von Containern und Gebäuden aufzeichnen. Oder erstellen Sie schnell 3D-Daten für die Erstellung von Informationsmodellen (BIM). [3]

### **3.3 Modellierung as-built Modell (Nils)**

### **3.4 Vergleichsstrategien (Nils)**

#### **3.4.1 Vergleich und Auswertung in 2D**

#### **3.4.2 Vergleich und Auswertung in 3D**

### **3.5 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Julius)**

## **4 Bildverarbeitung**

### **4.1 Ziele und Methodik (Nils)**

### **4.2 Daten und verwendete Software (Rui)**

#### **1. Software:**

Fiji , Plug-in Seed Region Growing und HT Transformation

Fiji/Imagej ist ein leistungsstarkes Bildverarbeitungs- und Analysewerkzeug. ImageJ ist mit mehr als 300 verfügbaren Plug-ins sehr erweiterbar, und kann auch als Bildverarbeitungstoolkit zum Entwickeln von anderen Anwendungen verwendet werden. Imagej ist derzeit das schnellste reine Java-Bildverarbeitungsprogramm.

#### **2. Eingangsbilder:**

100\_0009\_0084.JPG 5472x3648 Pixel

IMG\_6852.JPG 8688x4888 Pixel

### 4.3 Vorverarbeitung (Julius)

Unter dem Begriff der Vorverarbeitung lassen sich verschiedene Methodiken zusammenfassen, die genutzt werden können, um bestimmte Bildinformationen hervorzuheben oder diese zu entfernen. Hilfreich ist dies für die eigentliche Auswertung, weil so Rechenzeiten minimiert und Fehlerquellen ausgeschlossen werden können. Aber auch schon in der Vorverarbeitung kann durch einen geschickten Einsatz der Methoden der gesamte Prozess effizienter gestaltet werden.

#### 4.3.1 Histogramm Änderung (Julius)

Graubild, 8bit, histogramme in mehrdimensional. Histogramme/ kennlinien möglichkeit nicht relevant infos ausblenden oder umgekehrt hervorheben (hinter- und vordergrund) fixe schwellenwerte. Noch deutlich mehr machbar als hier vorgestellt wie etwa histogrammspreizung, um ein breiteres spektrum zu erreichen, wodurch die vorhandene Information weiter aufgeteilt wird und entsprechend besser weiterverarbeitet werden kann durch stärkere unterscheidung.

Punktoperationen sind Funktionen, die die Grauwerte oder Farben von Bildern modifizieren

Anwendungen: Beleuchtungskorrekturen; Falschfarbendarstellung; Korrekturen von Kamera oder Scanner Empfindlichkeit, usw.

#### 4.3.2 Glättungsfiler (Julius)

Punktoperation und globale operationen unterschied -> mittelweg lokale filter, die nachbarschaft im rahmen einer filtermatrix beachten, aber eben nicht das gesamte globale Bild. Der Filter wird schrittweise über das Bild geschoben und jeweils der Wert eines Pixels im Ergebnisbild bestimmt (meist das Pixel in der Mitte der Maske).

Nachbarschaft wichtig weil nur hervorheben möglich ist wenn angrenzende pixel bekannt sind. Bspw. Glättung oder die kantenherovrhebun im nächsten kapitel. Unterscheiden in linear eudjn nicht lineare filter. Grundsätzlich gleiche funktionsweise, aber letztere kann nicht rückgäng gemacht werden weil kein eindeutiger rechengrundsatz besteht. Ein beispiel ist der medianfilter, welcher für ein pixel den median aller in der nachbarschaft liegenden werte nimmt. Dies ist entsprechend schwer umzukehren

Problem bei masken sind randbereiche. Hier müssen gesonderte regeln getroffen werden, bspw. Pauschal null oder gefiltertes bild wird kleiner oder anpassen der maske.

Tiefpass und hochpassfilter. Filtermaske kann simpel median oder eben binomial vertiehl betrachtet werden, andere gewichtung

Nachteil linear informationen werden möglicherweise nicht aufricht erhalten bspw. Eine linie die durch den filter verpixelt wird oder pixelartige bildstörungen werden nicht beseitigt, weil sie nur verwaschen werden. Bei nicht linear entstehen keine neuen werte sondern nur eine umordnung sozusagen. Dadurch kann er jedoch nicht mehr umgekehrt werden. Wobei auch dies nicht das non plus ultra ist weil auch hier fehler auftreten, man stelle sich ein 3x3 raster vor mit einer ecke. Wird hier median gebildet verschwindet die ecke der ecke. (Grafik dafür einfügen)

### 4.3.3 Kantenfilter (Nils)

## 4.4 Segmentierung (Rui)

Was ist Segmentierung ?

Die Segmentierung ist ein Teilgebiet der digitalen Bildverarbeitung und des Computer-Sehens. Die Erzeugung von inhaltlich zusammenhängenden Regionen durch Zusammenfassung benachbarter Pixel oder Voxel entsprechend einem bestimmten Homogenitätskriterium bezeichnet man als Segmentierung.

Segmentierung besteht aus punktbasierte Verfahren, regionsbasierte Verfahren und kantenbasierte Verfahren. Was in Aufgabe 3 und Aufgabe 4 zu tun sind, entsprechen regionsbasierte Verfahren und kantenbasierte Verfahren. [4]

### 4.4.1 Regionsbasierte Methoden

Für die Aufgabe 3 ,liegen die Ziele darin,

- 1.Extrahieren durch Segmentierung des Pavillons und seiner Elemente wie z. B. das Dach
- 2.Betrachtung der Umgebung des Objektes und Segmentierung der dort befindlichen Elemente
- 3.Segmentierung der dunklen Flecken auf dem Dach des Pavillons
- 4.Hervorhebung der Deformationen der Dachfläche durch Segmentierung

Um diese Ziele zu lösen, wird die regionbasierte Methode Seed Region Growing in Aufgabe 3 benutzt.

Prinzip ist es, dass benachbarte Pixel, die ein Homogenitätskriterium erfüllen, zu Regionen zusammengefasst werden.

Homogenitätskriterium in die Aufgabe ist gegeben:

$$\Delta g = |g - \mu| < S \rightarrow \text{Pixel dazu nehmen}$$

$g$ : Grauwert des Pixels

$\mu$ : Regionmittelwert

$S$  : Schwellwert

Vorgehensweise liegen darin:



Der Benutzer identifiziert erst verschiedene Bereiche in einem Bild. Diese Identifikationsetiketten werden als Samenmarkierung bezeichnet. Der Algorithmus beginnt an den Startmarken und erhöht iterativ die Größe des Startmarkenbereichs. [5]

Die folgenden Bilder visualisieren den Prozess des Wachstums der ausgesäten Region.

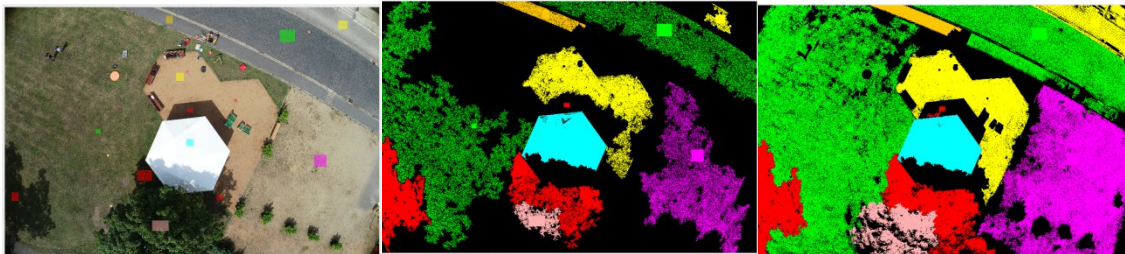


Abbildung 4-1

Während sich die Region erweitert, muss der Algorithmus entscheiden, welche Pixel in den gegebenen Startmarkierungsbereich aufgenommen werden und welche nicht. Diese Entscheidung basiert auf einem Ähnlichkeitsmaß. Das Ergebnis hängt auch von der Wahl der Samen ab.

#### Szenario I: Originales Eingangsbild

Es ist bekannt, dass es im Seed Region Growing verschiedenen Strategien zur Festlegung von Startpunkt gibt, um Segmentierung zu machen.

- a. festes Raster an Startpunkten, wobei jeder Startpunkt eine Region darstellt
- b. zufällige Startpunkte, die nicht mit dem Inhalt des Bildes zu tun haben
- c. für jedes Bildelement einen Startpunkt

Folgend sind Vergleich zwischen die verschiedenen Ergebnisse.

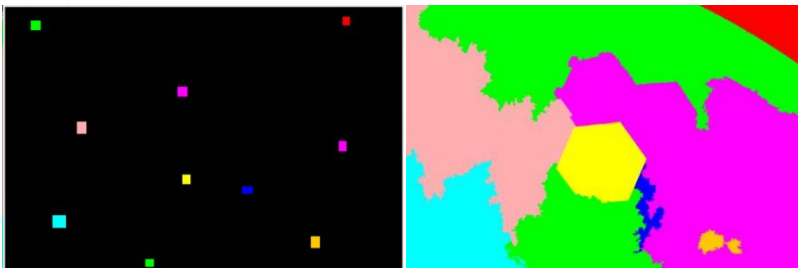


Abbildung 4-2 zufällige Startpunkte

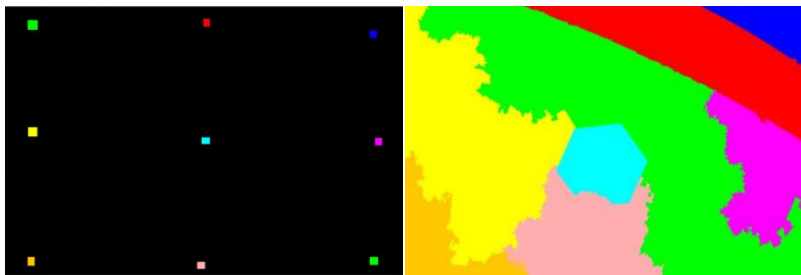


Abbildung 4-3 festes Raster an Startpunkten

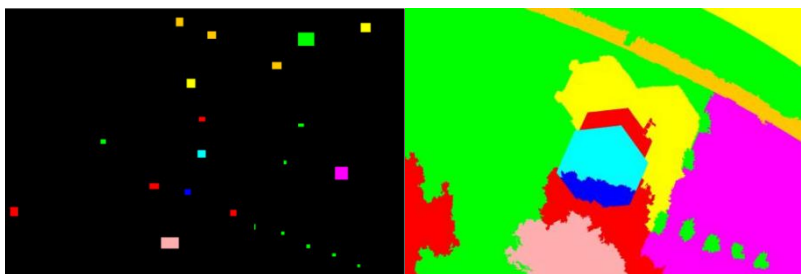


Abbildung 4-4 für jedes Bildelement einen Startpunkt

Es ist sehr klar, dass das Ergebnis für jedes Bildelement einen Startpunkt besser als andere ist. Basiert auf diese Methode werden weiter Gaußian Blur Filter und Median Filter benutzt, um eine Verbesserung zu schaffen.

Szenario II: Bearbeitetes Eingangsbild ( Glättung )



Abbildung 4-5 Gaußian Blur Filter (links) und Median Filter (mittel) und ohne Filter (rechts)

Nach dem Vergleich, ist das Ergebnis von Median Filter und Gaußian Blur Filter besser als das ohne Filter.

Warum ist oben genannte Filter gültig für die Verbesserung des Bildes ?

Die Median Filter Methode ist eine nichtlineare Glättungstechnik, bei der der Grauwert jedes Pixels auf den Median der Grauwerte aller Pixel in einem bestimmten Nachbarschaftsfenster dieses Punkts gesetzt wird. Wenn es ein isolierter Rauschpunkt gibt, wird er bei den umgebenden Pixelwerte nahe eliminiert, deshalb realisiert eine Verbesserung. [6]

Die Gaußsche Filterung ist ein lineares Glättungsfilter, das zur Beseitigung des Gaußschen Rauschens geeignet ist und im Entrauschungsprozess der Bildverarbeitung weit verbreitet ist. Die Gaußsche Filterung ist der gewichtete Durchschnittsprozess (durch Faltung, Maske) des gesamten Bildes. Der Wert jedes Pixels wird durch den gewichteten Durchschnitt seiner selbst und anderer Pixelwerte in der Nachbarschaft erhalten. [7]

Obwohl Glättungstechniken wirksam beim Entfernen von Rauschen in glatten Flecken oder glatten Bereichen eines Signals sind, aber wirken sich jedoch nachteilig auf Kanten aus. wenn es jedoch mit der Reduzierung des Rauschens in einem Signal gleichzeitig die Kanten zu erhalten wichtig ist, wird der Effekt von Filter beschränkt, d.h. die Kantenschutzeigenschaften der Filterung sind schlecht.

Z.B. nach dem Vergleich zwischen die verschiedenen Ergebnisse kann man finden, dass das Muster Ergebnisse im roten Kreis der drei Bild eine eindeutige Veränderung zeigen.

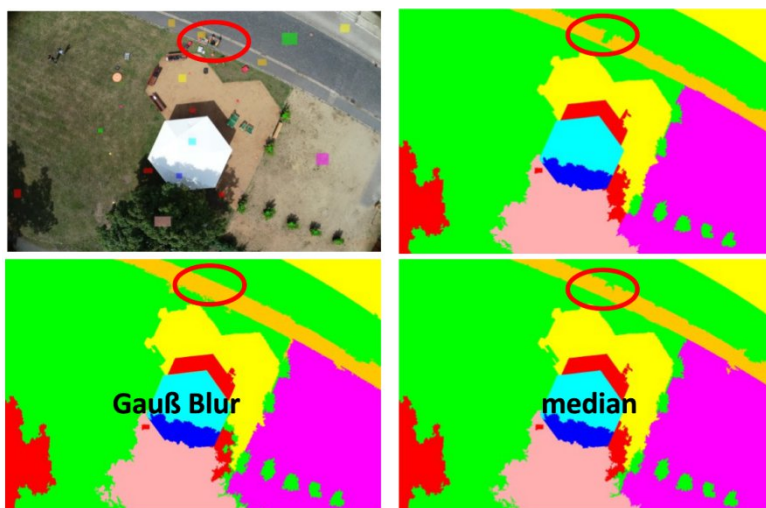


Abbildung 4-6 Vergleich zwischen die verschiedenen Ergebnisse

D. h. Nach der Filterung sind die Kanten Merkmale reduziert, und bei kleinen bis mittleren Gaußschen Rauschpegeln ist der Medianfilter besser als die Gaußsche Filter beim Entfernen von Rauschen, während die Kanten für eine bestimmte feste Fenstergröße erhalten bleiben.

Auf dem unten Bild Abb.4.4.1.7 gibt es ein dunkles farbiges Dreieck und noch einige Deformationen am Rand des Daches. Die Segmentierung der dunklen Flecken auf dem Dach des Pavillons und Hervorhebung der Deformationen der Dachfläche durch Segmentierung sind auch erforderlich.

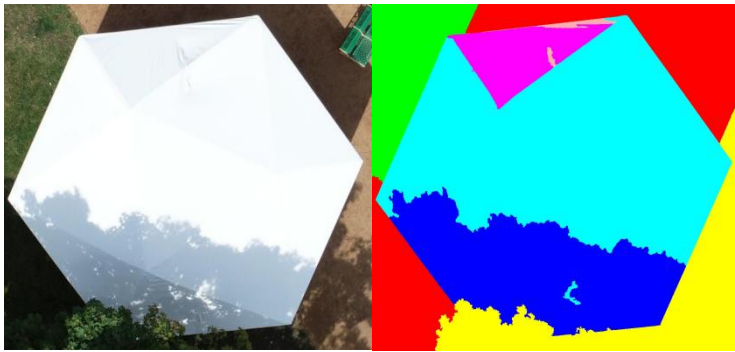


Abbildung 4-7 Segmentierung der dunklen Flecken auf dem Dach

#### 4.4.2 Kantenbasierte Methoden

Kantenbasierte Methode besteht aus Konturverfolgung und Hough-Transformation, und hier im Aufgabe 4 wird Hough-Transformation benutzt, die Hough Circle Transformation und Hough Lines Transformation enthält.

Für die Aufgabe 4, liegen die Ziele darin,

1. Anwenden der Methoden Hough Circle Transformation und Hough Lines auf Bildausschnitte.
2. Beantworten der Frage: Können Zielmarken im Vordergrund und Hintergrund oder unter unterschiedlichen Lichtverhältnissen gleich gut/gleichzeitig bestimmt werden?
3. Bestimmung von Zentrumskoordinaten der Zielmarken bei der Anwendung beider Verfahren.

Was ist Kreis-Hough-Transformation ?

Die Kreis-Hough-Transformation ist eine grundlegende Merkmalsextraktionstechnik, die in der digitalen Bildverarbeitung zum Erkennen von Kreisen in unvollständigen Bildern verwendet wird. Die Kreiskandidaten werden durch "Abstimmen" im Hough-Parameterraum und anschließendes Auswählen lokaler Maxima in einer Akkumulator Matrix erzeugt. [8]

Vorgehensweise in Fiji:

Auf Fiji kann Hough Transformation nur mit binären Eingaben arbeiten. Eine Vorarbeit ist also notwendig.

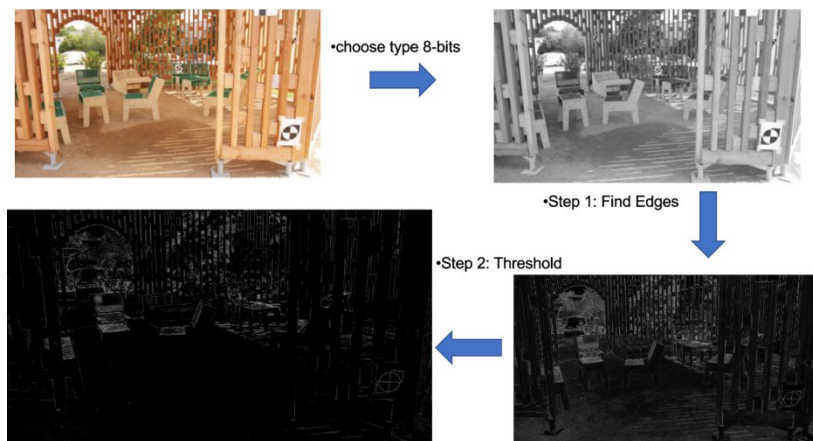


Abbildung 4-8 Prework

Nachdem das Binärbild bekommt werden, können weiter den Bildausschnitte von Target Teil 1 und Teil 2 genommen werden. Weiter werden Sie in HT Plug-in importiert.

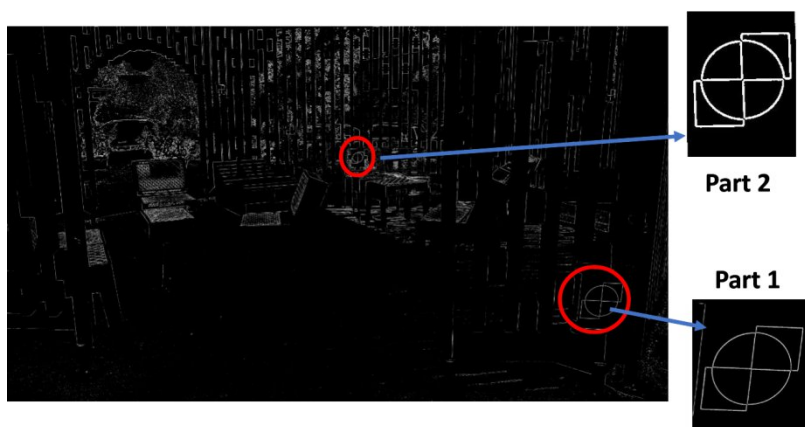


Abbildung 4-9

Die Ergebnisse werden unten gezeigt.

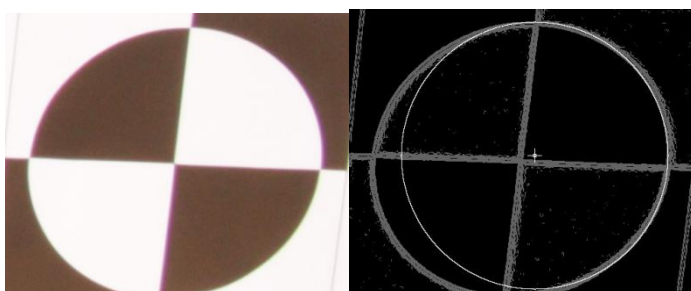
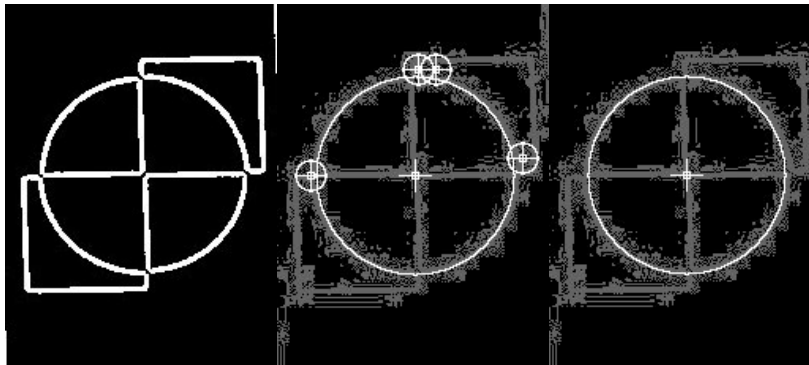


Abbildung 4-10 Hough Circle part 1

Die Überlagerung untereinander ist nicht so gut, weil der ursprüngliche Kreis nicht so Standard ist.



	ID	X (pixels)	Y (pixels)	Radius (pixels)	Score	nCircles	Resolution	Frame (slice #)	Method
1,	1,	87,	108,	63,	0.939,	5,	656,	1,	Full
2,	2,	89,	41,	10,	0.875,	5,	656,	1,	Full
3,	3,	155,	97,	10,	0.870,	5,	656,	1,	Full
4,	4,	100,	41,	10,	0.835,	5,	656,	1,	Full
5,	5,	21,	108,	10,	0.828,	5,	656,	1,	Full

Abbildung 4-11 Hough Circle part 2

Beim ersten Mal werden 5 Kreise mit nur einem Recht und 4 falschen gefunden. Das Recht hat eine höhere Punktzahl als 0,9. Passen also einfach das Threshold von 0,5 bis 0,9 an, und erhalten dann den rechten Kreis.

Wenn man in Fiji mit der Kreis-Hough-Transformation arbeitet, kann man die Koordinaten des Kreiscentrums als Ergebnis direkt bekommen, und sie sind auch Zentrum von Zielmark.

Hough Transform ist eine beliebte Technik, um jede Form zu erkennen, nicht nur Kreis, sondern auch Linie, wenn Sie diese Form in mathematischer Form darstellen können. Es kann die Form erkennen, auch wenn sie ein wenig gebrochen oder verzerrt ist.

Wie funktioniert es für eine Linie ?

Eine Linie kann in parametrischer Form als  $y = mx + c$  oder  $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$  dargestellt werden, wobei  $\rho$  der senkrechte Abstand vom Ursprung zur Linie ist, und  $\theta$  ist der Winkel gebildet durch diese senkrechte Linie und horizontale Achse, gemessen gegen den Uhrzeigersinn.



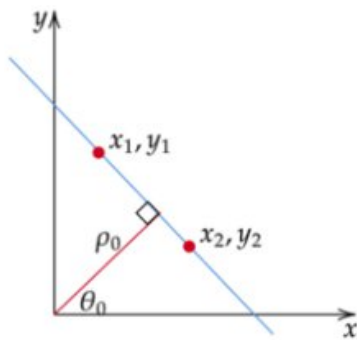


Abbildung 4-12 Quelle: towardsdatascience.com

Es ist daher möglich, jeder Linie des Bildes eine Paarebene  $(\rho, \theta)$  zuzuordnen, die manchmal als Hough-Raum für den Satz von geraden Linien in zwei Dimensionen bezeichnet wird.

Diese Darstellung macht die Hough-Transformation konzeptionell der zweidimensionalen Radon-Transformation sehr nahe. Tatsächlich ist die Hough-Transformation mathematisch äquivalent zur Radon-Transformation, aber die beiden Transformationen haben unterschiedliche rechnerische Interpretationen, die traditionell damit verbunden sind. [9]

Hough line Transformation result part 1 und 2

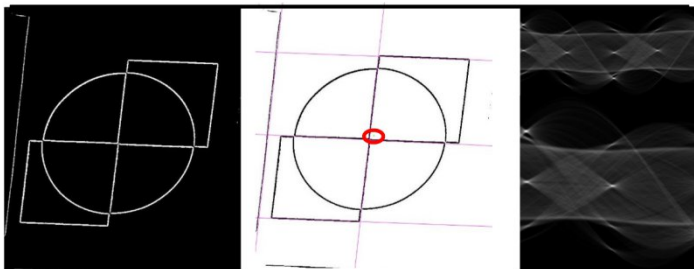


Abbildung 4-13 HT part 1

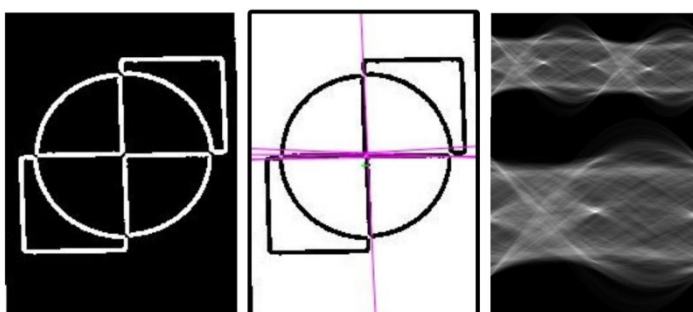


Abbildung 4-14 HT part 2

In diesem Teil ist die Bestimmung des Zentrums der Zielmark wichtig, die auch der Schnittpunkt verschiedener Linien ist. Es gibt eine einfache Möglichkeit, das ungefähre Koordinate des Punktes zu erhalten, d.h. Man kann das Koordinate dieses Punktes auf Fiji direkt lesen.

z.B Lesenswert von Zentrums der Zielmark 1 ist etwa (322, 386), von Zentrum der Zielmark 2 ist etwa (87, 108).

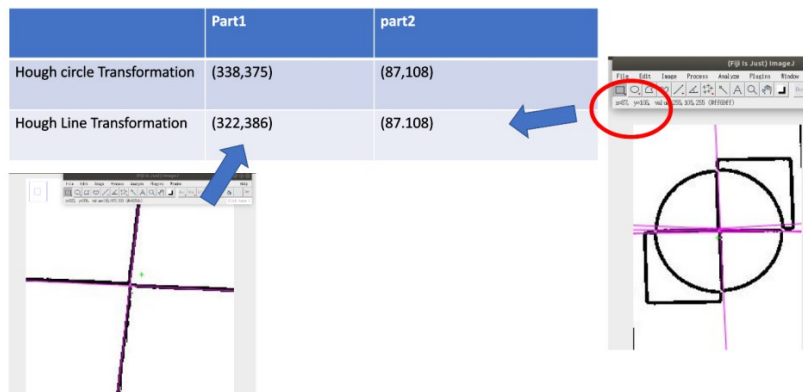


Abbildung 4-15

Aber es ist auch möglich, das Zentrumskoordinate genauig zu berechnen.

Darin liegt die Bestimmung von Zentrumskoordinaten der Zielmarken durch numerische Brechnungsverfahren

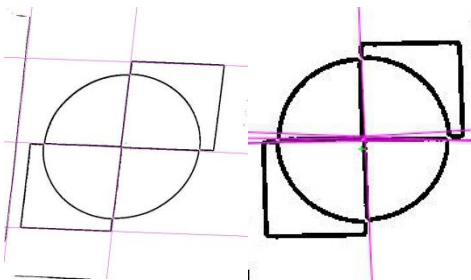


Abbildung 4-16 grün Punkt im Bild ist der Referenzpunkt

Wenn der Schnittpunkt  $(x, y)$  (auf Referenzpunktcoordinate) zweier Linien ist, d.h. dieser Punkt erfordert die Lösung der linearen Gleichungen [10]

$$\rho_1 = x \cdot \cos \theta_1 + y \cdot \sin \theta_1$$

$$\rho_2 = x \cdot \cos \theta_2 + y \cdot \sin \theta_2$$



$$\begin{aligned} \left( \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right) &= \frac{1}{\cos \theta_1 \sin \theta_2 - \cos \theta_2 \sin \theta_1} \cdot \left( \begin{matrix} \rho_1 \cdot \sin \theta_2 - \rho_2 \cdot \sin \theta_1 \\ \rho_2 \cdot \cos \theta_1 - \rho_1 \cdot \sin \theta_2 \end{matrix} \right) \\ &= \frac{1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \cdot \left( \begin{matrix} \rho_1 \cdot \sin \theta_2 - \rho_2 \cdot \sin \theta_1 \\ \rho_2 \cdot \cos \theta_1 - \rho_1 \cdot \sin \theta_2 \end{matrix} \right) \end{aligned}$$

$\rho$ : der senkrechte Abstand vom Ursprung zur Linie

$\theta$ : der Winkel gebildet durch diese senkrechte Linie und horizontale Achse

In Fiji gibt es ein Plugin “find straight line simple”. Es bietet die Daten von  $\theta, \rho$  und die Koordinate des Referenzpunkts.

Im Teil 1:

Lines found:

HoughLine <angle = 0.110, radius = -300.281, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 1084>

HoughLine <angle = 1.620, radius = 11.776, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 922>

HoughLine <angle = 0.110, radius = -11.776, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 852>

HoughLine <angle = 1.608, radius = 243.365, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 523>

HoughLine <angle = 1.608, radius = -225.701, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 517>

Wählen 2 entsprechend verschiedene Zeilen,

HoughLine 1<angle = 1.620, radius = 11.776, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 922>

HoughLine 2<angle = 0.110, radius = -11.776, xRef = 335.000, yRef = 374.000, count = 852>

Die Werte auf Referenzpunktkoordinatensystem sind

X = -13

Y = 1.9

Oben gerechnete Koordinate ist auf Referenzpunktkoordinatensystem, und nach der Übersetzung des Bild Pixel Koordinatensystem, ist der Schnittpunkt

$$X = (x_{\text{Ref}} = 335.000) - 13 = 322$$

$$Y = (y_{\text{Ref}} = 374.000) + 1.9 = 375.9$$

Berechnend Wert ist (322, 375.9) , und vergleichen ihn dann mit dem Lesenswert (322, 386). Sie liegen sehr nahe beieinander im X Richtung, aber es gibt ein Error im Y Richtung, das nicht vernachlässigen zu können.

Im Teil 2:

Lines found:

HoughLine <angle = 1.571, radius = -8.975, xRef = 86.000, yRef = 115.000, count = 133>

HoughLine <angle = 1.571, radius = -7.853, xRef = 86.000, yRef = 115.000, count = 111>

HoughLine <angle = 0.000, radius = 0.000, xRef = 86.000, yRef = 115.000, count = 106>

HoughLine <angle = 1.571, radius = -6.170, xRef = 86.000, yRef = 115.000, count = 100>

HoughLine <angle = 0.000, radius = 1.122, xRef = 86.000, yRef = 115.000, count = 93>

Wählen 2 verschiedene Zeilen,

HoughLine 1 <angle = 0.000, radius = 1.122, xRef = 86.000, yRef = 115.000 >

HoughLine 2 <angle = 1.571, radius = -6.170, xRef = 86.000, yRef = 115.000>

So auf reference point koordinate

$$X = 1.222$$

$$Y = - 6.170$$

Nach der Übersetzung des Koordinates , Der Schnittpunkt ist

$$X = (x_{\text{Ref}} = 86.000) + 1.222 = 87.222$$

$$Y = (y_{\text{Ref}} = 115.000) - 6.170 = 108.830$$

Berechnend Wert ist (87,222,108,830) ,und vergleichen ihn dann mit dem ungefähren Lesewert (87,108). Sie liegen sehr nahe beieinander.

#### 4.5 Bewertung und Analyse der Ergebnisse (Nils)

### 5 Zusammenfassung und abschließende Bewertung (Julius)

Automatisierte findung von zielmarken über vorverarbeitugn zur orientierugn von bildern, bündelblockausgleichung.

Nur Vorgehen und Begründung einbringen, bei Bildern nur spezifische und nicht alle 700 Ergebnisbilder

BV:

Was genau soll segmentiert werden, verschiedene Optionen

**Darlegung der Theorie der Herangehensweisen und der verwendeten Methoden der Filterung und Segmentierung**

➤ Die Darstellung der Wirkung der angewandten Methoden von Filterung und Segmentierung auf die Bilddatensets.

➤ Hierbei ist es wichtig, dass die Ergebnisse analysiert werden und ihre Vor- und Nachteile gegenübergestellt werden.

➤ Reflektion in wie weit die interessanten Objektelemente durch die verwendeten Methoden detektiert und segmentiert werden

Alamouri -> rückgriff ob ziele erfüllt/ erreicht worden sind



## 6 Eidesstattliche Erklärung

Wir versichern hiermit, dass wir den vorliegenden Bericht des Projekts „Modellieren und Analysieren anhand von erfassten Datensätzen des Pavillons“ selbstständig verfasst haben und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt worden sind.

Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Abbildungen sind von uns selbst erstellt worden oder mit einem entsprechendem Quellenverweis versehen.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Braunschweig, den 29. März 2021

## Quellenverzeichnis

Reference:

- [1]<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558689-Quality-Report-Help#label4> am 20.03.2021
- [2] <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR> am 24.03.2021
- [3] <https://www.pointcab-software.com/en/> am 23.03.2021
- [4]VL. BV\_Kapitel7\_Segmentierung
- [5]<http://ij-plugins.sourceforge.net/plugins/segmentation/Howto-Seeded-Region-Growing-Segmentation.pdf> am 22.03.2021
- [6][https://en.wikipedia.org/wiki/Median\\_filter](https://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter) am 23.03.2021
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian\\_filter](https://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_filter) am 23.03.2021
- [8][https://en.wikipedia.org/wiki/Circle\\_Hough\\_Transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Circle_Hough_Transform) am 23.03.2021
- [9]<https://towardsdatascience.com/lines-detection-with-hough-transform-84020b3b1549> am 20.03.2021
- [10]Burger, Wilhelm; Burge, Mark James (2015): Digitale Bildverarbeitung. Eine algorithmische Einführung mit Java.3. , vollst.überarb. und erw. Aufl.Berlin: Springer Vieweg (X.media.press). Online verfügbar unter [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/319965](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/319965) Kapitel 8

## Anhang A

*Luo, Rui*

*26.03.2021*

---

Braunschweig, den 29. März 2021