

# Traverse für autonomes Heben

IP5-Arbeit

Windisch, Dezember 2024

Studentin/Student

Hoang Viet Nguyen  
Alessandro Lenti

Betreuer/in

Christoph Stamm  
Hilko Cords

Auftragsgeber

Ludwig System GmbH & Co. KG

Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Technik

## **Abstract**

Unser Partner, Ludwig System, entwickelt Traversen zur Balancierung schwerer Lasten wie Wände und Dächer. Die Befestigung dieser Lasten erfolgt bisher manuell, was eine gefährliche und zeitintensive Aufgabe darstellt. Zur Automatisierung dieses Prozesses entwickeln wir Systeme, die fähig sind, Anschlagpunkte automatisch zu erkennen. In diesem Dokument präsentieren wir einen Prototypen, der mittels AprilTags Anschlagpunkte identifiziert. Diese Technologien sind in der Robotik für die Positionsbestimmung bereits bewährt. Sie ermöglichen es uns, präzise Koordinaten zu berechnen, die für eine genaue Ausrichtung und effektive Platzierung der Traverse entscheidend sind. Dies versetzt Ludwig System in die Lage, in zukünftigen Iterationen die automatische Befestigung und das Ansteuern der Anschlagpunkte zu realisieren. Die Dimensionierung der Marker und die Positionierung der Kameras wurden basierend auf Kundenspezifikationen theoretisch validiert, um die Genauigkeit des Systems zu gewährleisten.

## **Keywords:**

tic, tac

## **Inhaltsverzeichnis**

## **Abbildungsverzeichnis**

## **Tabellenverzeichnis**

# 1 Einleitung

Der Einsatz von Kränen ist auf Baustellen unerlässlich, um schwere Lasten zu bewegen. Aktuell erfordert das Anhängen dieser Lasten an den Kran manuelle Arbeit durch Bauarbeiter. Dies ist besonders zeitaufwendig, wenn der Schwerpunkt der Last ungleichmäßig verteilt ist und führt häufig dazu, dass die Last mehrmals abgesetzt und angehoben werden muss, um sie korrekt auszurichten. Dies verursacht erhebliche Wartezeiten für andere Teammitglieder. Die Firma Ludwig System hat eine automatische Traverse entwickelt, die das Ausrichten und Positionieren der Last erleichtert, jedoch muss auch mit dieser aktuellen Version ein Mitarbeiter die Last manuell an die Traverse anhängen.

Die nächste Generation der Traverse zielt darauf ab, den Prozess der Lastenaufhängung zu automatisieren. Ludwig System arbeitet derzeit intensiv an dieser Entwicklung und hat bereits Prototypen eines Greifarms erstellt, der dazu bestimmt ist, die Anschlagpunkte automatisch zu heben. Ein entscheidender Schritt in diesem Prozess ist die präzise Berechnung der Position dieser Anschlagpunkte.

Auf den ersten Blick erscheinen moderne Lösungen aus dem Bereich des maschinellen Lernens als ideal für diese Aufgabe. Jedoch besteht die Herausforderung darin, dass für das Training eines effektiven Modells eine umfangreiche Menge an Daten benötigt wird, die derzeit noch nicht ausreichend verfügbar ist. Zusätzlich erfordert die Anwendung solcher Technologien weiterführende Forschungen, um aus den erkannten Anschlagpunkten die Entfernung und Ausrichtung relativ zur Kamera zu bestimmen. Diese Berechnungen werden noch komplexer, wenn die Anschlagpunkte in verschiedenen Dimensionen vorliegen, was eine zusätzliche Anpassung und Verfeinerung der Algorithmen erfordert.

Ein weiterer Ansatz ist die Verwendung von Passmarkern. Diese Marker haben den Vorteil, dass sie in standardisierten Größen verfügbar sind, was ihre Erkennung erleichtert **astrobee2023**. Durch die Analyse der Eckpunkte eines Markers kann die Position relativ zur Kamera bestimmt werden **localizationSystem**. Zusätzlich ermöglicht die Kodierung einer eindeutigen ID auf dem Marker die Feststellung seiner Ausrichtung. Theoretisch erlaubt dies dem Kranführer, die Traverse präzise auszurichten. Der Einsatz solcher Markierungssysteme wird bereits in der Robotik erfolgreich zur Positionsbestimmung von Objekten genutzt, was deren Effektivität und Zuverlässigkeit unterstreicht **localizationSystem**.

Um die Marker effektiv erkennen zu können, spielen sowohl die Position als auch die Hardware der Kamera eine entscheidende Rolle. In Sektion 2 befassen wir uns damit, wie wir die Kamera strategisch an der Traverse positionieren können, um eine möglichst umfassende Sicht auf die Last zu gewährleisten. Grundsätzlich gilt, dass eine höherwertige Kamera zu präziseren Ergebnissen führt. Später präsentieren wir die Mindestanforderungen an die Kamera und erläutern, wie diese theoretisch berechnet wurden. Zusätzlich müssen die intrinsischen Spezifikationen der Kamera berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass die Marker aus der gewünschten Distanz effektiv erkannt werden können.

(Abschließend gilt es zu klären, inwieweit unser System gegenüber leichten Wetterbedingungen wie Regen, Schnee und Schatten robust ist. Diese Faktoren sind auf Baustellen allgegenwärtig und es ist entscheidend, dass das System auch unter solchen Bedingungen zuverlässig funktioniert und gegenüber Umgebungsstörungen unempfindlich bleibt.) Dieser Abschnitt muss noch die Frage gegenüber wetter resistenz beantworten

## 2 Grundlagen

### 2.1 Anwendungsdomäne

Der resultierende Prototyp kann auf Baustellen eingesetzt werden, um die Anschlagpunkte verschiedener Lasten automatisch zu erkennen. Dies umfasst typischerweise Lasten wie Beton-elemente, Stahlträger und Holzkonstruktionen. Die Umgebungsbedingungen auf Baustellen, wie variable Wetterbedingungen und begrenzter Platz, stellen besondere Anforderungen an die Robustheit und Genauigkeit der Kameratechnik und Software. Baustellenarbeiter interagieren über eine benutzerfreundliche Schnittstelle mit dem System, das ihre Arbeit durch erhöhte Sicherheit und Effizienz unterstützt.



### 2.2 Traverse

Die Traverse hat eine Dimension(Länge X Breite X Höhe) von 500cm X 70cm X 50cm.

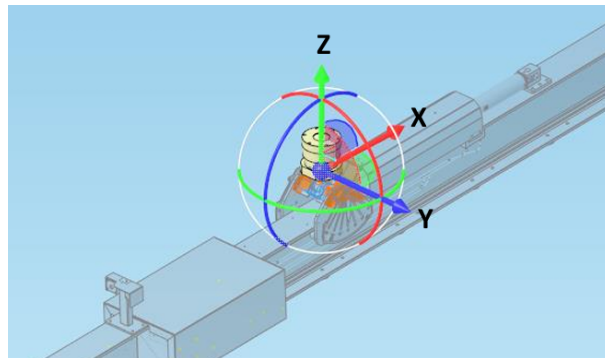


Abbildung 2.1: Koordinaten-System der Ludwig System Traverse

Abbildung ?? zeigt das linkshändige Koordinaten-System der Traverse. Dabei wird fortan die Rotation um die Y-Achse der Traverse als Neigen definiert und die Rotation um die Z-Achse der Traverse, als Rotieren definiert.

### 2.3 Last

Unter Lasten sind vor allem Fertigstrukturen wie z.B. Fertig erstellte Wände oder Dächer. Lasten haben maximal 2 Anschlagpunkte, welche einen Abstand von 1m bis 6m zueinander haben. Diese Anschlagpunkte können auf unterschiedliche Höhen sein, wie z.B. bei Dächer welche eine Neigung besitzen.

## 2.4 Stand der Forschung

### 2.4.1 Arbeit: Objekterkennung und Distanzmessung für KollisionsVermeidung bei Lastenhebung

(Arbeit: Object Detection and Distance Measurement Algorithm for Collision Avoidance of Precast Concrete Installation during Crane Lifting Processyong\_\_object\_\_2023 Erklären)

### 2.4.2 Arbeit: Objekterkennung und 3D-basierte Objektortung für automatische Lastenhebung

(Arbeit: Image-based onsite object recognition for automatic crane lifting taskzhou\_\_image-based\_\_2021 Erklären)

## **3 Konzept**

Ludwig Systems benötigt eine Lösung, welche von der Traverse aus die Ist-Koordinaten, die Rotation und Neigung der Last ausgibt. Das Konzept soll dieses Ziel um in der Zukunft die Traverse automatisch bewegen zu können. Des Weiteren soll das Konzept sicherstellen, dass die Genauigkeiten ,welche vom Kunden gegeben wurde, eingehalten werden können.

### **3.1 Konzept 1: Objekterkennung durch Machine Learning**

### **3.2 Konzept 2: Posenschätzung durch AR Marker**

### **3.3 Evaluation Konzepte**

### **3.4 Intrinsische Kalibrierung der Kamera**

(Erklärung wie die Kalibrierung funktioniert )

### **3.5 Lokalisierung Last**

(Erklärung wie die Lokalisierung mithilfe von Marker funktionieren sollte.)

#### **3.5.1 Marker Anordnung**

(Erklärung Anordnung und wieso)

#### **3.5.2 Marker Grösse**

(Erklärung der Rechnung für Marker Grösse)

#### **3.5.3 Mittelpunkt-Berechnung der Marker Anordnung**

(Erklärung der Rechnung um vom Diamond-Marker-Muster auf die Mitte)

### **3.6 Kamera Spezifikationen**

(Erklärung welche Kamera Eigenschaften gebraucht werden und wieso wir diese brauchen.)

#### **3.6.1 Kamera Position**

(Erklärung wo Kameras Positioniert sind und Rechnung von horizontale FOV)

#### **3.6.2 Kamera Eigenschaften**

(Erklärung der Rechnung horizontale Bildauflösung und auflistung aller Eigenschaften ausgehend der Marker Grösse.)



## **4 Implementierung**

(Einleitung Implementierung)

### **4.1 Intrinsische Kamera Kalibrierung**

### **4.2 Lokalisierung Last**

#### **4.2.1 Implementierung 1: ArUco**

(Erklärung wie ArUco funktioniert und wie die Erkennung implementiert wurde)

#### **4.2.2 Implementierung 2: AprilTag**

(Erklärung wie AprilTag funktioniert und wie die Erkennung implementiert wurde)

#### **4.2.3 Umsetzung Posenschätzung der Marker**

(Erklärung der Umsetzung der Posenschätzung sowie die ersten Resultate zeigen und evaluieren welche besser ist)

#### **4.2.4 Umsetzung der Mittelpunkt-Berechnung**

(Erklärung wie die Umsetzung von Kapitel 3.5.3 funktioniert, und die Resultate zeigen)

## **5 Evaluation**

### **5.1 Testumgebung**

### **5.2 Posenschätzung Marker**

### **5.3 Mittelpunkt-Berechnung**

## 6 Schlussbemerkungen

Donec molestie, magna ut luctus ultrices, tellus arcu nonummy velit, sit amet pulvinar elit justo et mauris. In pede. Maecenas euismod elit eu erat. Aliquam augue wisi, facilisis congue, suscipit in, adipiscing et, ante. In justo. Cras lobortis neque ac ipsum. Nunc fermentum massa at ante. Donec orci tortor, egestas sit amet, ultrices eget, venenatis eget, mi. Maecenas vehicula leo semper est. Mauris vel metus. Aliquam erat volutpat. In rhoncus sapien ac tellus. Pellentesque ligula.

## 7 Danksagung

Wir danken Hilko Cords und Christoph Stamm für Ihre Hilfestellung in diesem Projekt. Zusätzlich danken wir Christoph Stamm für das Ausleihen seiner Kameras, welches uns das Testen ermöglichte.

## Ehrlichkeitserklärung

Ich (wir) erkläre(n) hiermit, dass ich (wir) den vorliegenden Leistungsnachweis selber und selbstständig verfasst habe(n),

- dass ich (wir) sämtliche nicht von mir (uns) selber stammenden Textstellen und anderen Quellen wie Bilder etc. gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln<sup>1</sup> korrekt zitiert und die verwendeten Quellen klar sichtbar ausgewiesen habe(n);
- dass ich (wir) in einer Fussnote oder einem Hilfsmittelverzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots<sup>2</sup>, Übersetzungs-<sup>3</sup> Paraphrasier-<sup>4</sup> oder Programmierapplikationen<sup>5</sup>) deklariert und ihre Verwendung bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe(n);
- dass ich (wir) sämtliche immateriellen Rechte an von mir (uns) allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe(n) oder dass diese Materialien von mir (uns) selbst erstellt wurde(n);
- dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass meine (unsere) Arbeit auf Plagiate und auf Drittauthorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (Künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass die Hochschule für Technik FHNW einen Verstoß gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Technik verfolgt und dass daraus disziplinarische Folgen (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) resultieren können.

Windisch, tt. Monat 20jj

**Name:** Alessandro Lenti

**Unterschrift:**

**Name:** Ngueye Hoang Viet

**Unterschrift:**

---

<sup>1</sup>z.B. APA oder IEEE

<sup>2</sup>z.B. ChatGPT

<sup>3</sup>z.B. Deepl

<sup>4</sup>z.B. Quillbot

<sup>5</sup>z.B. Github Copilot

## A Anhang

### A.1 Aufgabenvereinbarung

Nullam eleifend justo in nisl. In hac habitasse platea dictumst. Morbi nonummy. Aliquam ut felis. In velit leo, dictum vitae, posuere id, vulputate nec, ante. Maecenas vitae pede nec dui dignissim suscipit. Morbi magna. Vestibulum id purus eget velit laoreet laoreet. Praesent sed leo vel nibh convallis blandit. Ut rutrum. Donec nibh. Donec interdum. Fusce sed pede sit amet elit rhoncus ultrices. Nullam at enim vitae pede vehicula iaculis.

### A.2 Glossar

### A.3 Resultate

Nulla malesuada risus ut urna. Aenean pretium velit sit amet metus. Duis iaculis. In hac habitasse platea dictumst. Nullam molestie turpis eget nisl. Duis a massa id pede dapibus ultricies. Sed eu leo. In at mauris sit amet tortor bibendum varius. Phasellus justo risus, posuere in, sagittis ac, varius vel, tortor. Quisque id enim. Phasellus consequat, libero pretium nonummy fringilla, tortor lacus vestibulum nunc, ut rhoncus ligula neque id justo. Nullam accumsan euismod nunc. Proin vitae ipsum ac metus dictum tempus. Nam ut wisi. Quisque tortor felis, interdum ac, sodales a, semper a, sem. Curabitur in velit sit amet dui tristique sodales. Vivamus mauris pede, lacinia eget, pellentesque quis, scelerisque eu, est. Aliquam risus. Quisque bibendum pede eu dolor.