

# AlphaTube Sensing Concept

Die EuroTube Foundation plant im Wallis den Bau einer Teststrecke für Vakuumtransportzüge. Mit der Planung dieser Strecke möchte man von Beginn weg ein Vermessungskonzept mitentwickeln, welches die Genauigkeitsanforderungen erreicht, möglichst autonom agiert und straffe Zeitvorgaben einhalten kann. Mithilfe eines sich noch in Entwicklung befindlichen Krans oder einer Kranvorrichtung, soll die Positionierung der einzelnen Tubeelemente vollautomatisch erfolgen. Dazu muss ein Vermessungssystem vorliegen, welches möglichst die Verschiebungswerte zur projektierten Achse in Echtzeit dem Kransystem übergeben kann und gleichzeitig sicherstellt, dass die übermittelten Werte korrekt sind. In dieser Arbeit wurde ein Prototyp entwickelt, welcher diesen Anforderungen entsprechen soll.

Die Positionierung einer Hyperloop Strecke ist vergleichbar mit dem Platzierung von Gleisstrecken. Die einzelnen Streckenelemente, sind aber im Gegensatz zu Gleisstrecken voneinander getrennt. Dies macht es möglich jedes Element einzeln zu betrachten und zu platzieren.

## Ausgangslage

Die Positionierung muss drei grundlegende Anforderungen erfüllen. Ein Element ist innerhalb von 12 min. autonom platziert sein. Das Segment ist mit einer Längsgenauigkeit von  $\pm 4\text{mm}$ , einer Quer- und Höhengenaugigkeit von  $\pm 1\text{mm}$  und einer Überhöhungsgenauigkeit von  $\pm 1\text{mm}$  zu platzieren.. Die AlphaTube Strecke wird oberirdisch gebaut und die einzelnen Elemente werden auf Fundamente aufgelegt.



Abb. 1: geplantes EuroTube Forschungszentrum neben der Teststrecke. (EuroTube Foundation, 2020)

## Messkonzept

Durch die Trennung der Platzierung in eine Grobpositionierung und eine Feinpositionierung konnten die Anforderungen aufgeteilt werden. Für die beiden Positionierungsroutinen können andere Messinstrumente genutzt werden. Nach einer Beurteilung einzelner Konzepte wurde ein Platzierungskonzept mit zwei Tachymetern für die Grobpositionierung und den Einsatz eines Richtlasers in Kombination mit einer Kamera für die Feinpositionierung weiter ausgearbeitet und ein Prototyp erstellt.

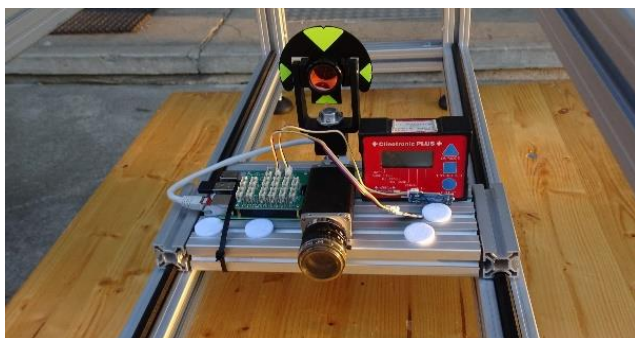


Abb. 2: Prototyp des Richtlaserempfänger in Form einer Kamera und eines Kleincomputers.

## Richtlaser und Kamera

Der Richtlaser wird bei direktem Einfall (ohne Optik) auf den Chip, als Bild erfasst. Um einer Überbelichtung entgegen zu wirken wurde vor dem Chip ein Grauwertfilter montiert und die Belichtungszeit niedrig gehalten. Das Grauwertbild wird in zwei Segmente unterteilt. Das Massenzentrum des hellen Bereichs repräsentiert das Zentrum des einfallenden Lichtstrahls..



Abb. 3 & 4: Kamera Frontansicht ohne Optik mit direkter Sicht auf die Chipoberfläche (links) und mit Grauwertfilter ND1000 (rechts)

Der eingesetzte Richtlaser des Vortriebstachymeters TS16G ist stark zentriert und hat eine homogene Lichtverteilung innerhalb des Laserstrahls. Dadurch ist er auch auf weite Distanzen auf dem Chip erfassbar. Die Lage im Bezug zum richtenden Objekt wurde vorab bestimmt. Steht die Kamera und der Laser still und es sind Bewegungen des Mittelpunktes festzustellen, sind diese auf atmosphärische Irritationen zurückzuführen. Dadurch können diese kontrolliert und quantifiziert werden.

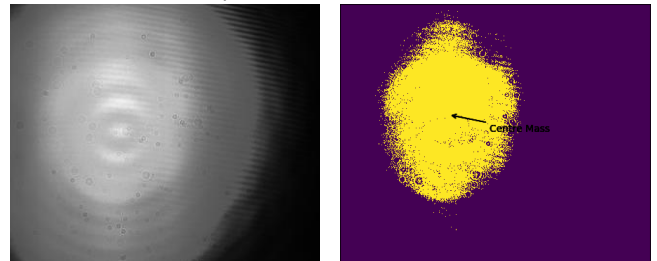


Abb. 5 & 6: Bild des auftreffenden Lasers in einem Grauwertbild (links) und nach der Segmentation (recht)

Die in Python implementierte Software, stellt die Verbindungen zu den einzelnen Komponenten her und berechnet die gesuchten Differenzen zur Sollachse. Die Differenzen werden anschliessend dem Kranfahrer oder einem Robotikgerät zur Verfügung gestellt.

## Fazit

Das ermittelte und getestete Vermessungskonzept funktioniert und ist funktional äusserst stabil. Der Einsatz einer Kamera für die Feinplatzierung bringt interessante Vorteile: die hohe Taktrate und die Möglichkeit zur Erkennung atmosphärischer Irritationen. Weiteren Untersuchungsbedarf hat sich bei der optimalen Verbindung der absoluten und relativen Positionierung (Grob- und Feinpositionierung) und der autonomen Bewegung der einzelnen Instrumente gezeigt.

Referenzen: EuroTube Foundation (2020) *AlphaTube - The first publicly accessible research center for vacuum transport*. Verfügbar unter: <https://eurotube.org/donations/alphatube/> (Zugegriffen: 4. Januar 2021).