

Drohnenbasierte Brückeninspektion

Ausgangslage / Motivation

Für effiziente Schwellenerneuerungen von SBB-Stahlbrücken sind millimetergenaue Brückenmodelle erforderlich.

Vermessungsarbeiten bis anhin:

- Tachymetrie und mit dem Messrolley direkt auf der Brücke

Risiko dabei:

- Übersehen eines kollidierenden Elements der Brücke

Möglichkeit das Risiko auf ein Minimum zu reduzieren:

- Orthofoto der Brückenunterseite





8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW

Methodik / Instrumentarium

Methodik:

- Obere Längstraverse in Ziegelbrücke als Testobjekt
- Manuelle Befliegungen
- Möglichst viel Überlappung der Bilder
- Targete und natürliche Passpunkte

DJI Mavic 3E:

- RTK-Drohne
- Max. Neigungswinkel der Kamera nach oben: 35°

Intel Falcon 8+:

- Mit Sony Alpha 7R und Sony RX1R II
- GPS-Koordinaten aus Navigationslösung (ungenau)
- Max. Neigungswinkel der Kamera nach oben: 90°




8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW

1. Messkampagne

DJI Mavic 3E:

- Zu wenig Bilder
- Zu wenig steiler Blickwinkel der Kamera

Intel Falcon 8+ mit Sony Alpha 7R:

- Ohne Näherungskoordinaten
- Brücke wird zu «kurz» dargestellt, weil die Brücke ein sich wiederholendes identisches Muster aufweist

Erkenntnisse:

- DJI Mavic 3E: mehr Bilder machen
- Intel Falcon 8+: Näherungskoordinaten aus log-file




8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW

Finale Messkampagne

DJI Mavic 3E:

- Erfolgreich

Intel Falcon 8+ mit Sony RX1R II:

- Erfolgreich
- Tracken der Drohne funktioniert gut





8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW

Resultate

DJI Mavic 3E



Intel Falcon 8+



8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW

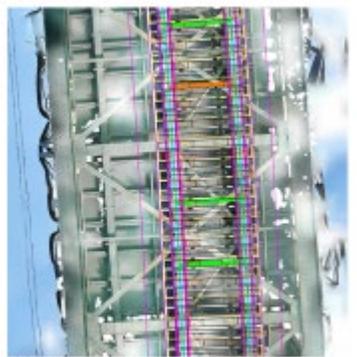
Fazit / Ausblick

Fazit:

- Zielsetzung erreicht
- Gute Genauigkeit
- Sehr detailliertes Orthofoto mit hoher Auflösung
- Die Möglichkeit das Orthofoto mit den Modelldaten zu überlagern ist sehr wertvoll

Ausblick:

- Automatische Befliegung
- Evaluation einer RTK-Drohne für Zenitaufnahmen



8. Juni 2024 Autor: Mattia Koch © IGEO FHNW



Abb. 1: Die Obere Linthbrücke in Ziegelbrücke wird für die Eisenbahn benutzt.



Abb. 2: Neue Holzschwellen.



Abb. 3: Unteransicht der Brücke.

Ausgangslage / Motivation

Für effiziente Schwellenerneuerungen von SBB-Stahlbrücken sind millimetergenaue Brückenmodelle erforderlich.

Vermessungsarbeiten bis anhin:

- Tachymetrisch und mit dem Messtrolley direkt auf der Brücke

Risiko dabei:

- Übersehen eines kollidierenden Elements der Brücke

Möglichkeit das Risiko auf ein Minimum zu reduzieren:

- Orthofoto der Brückenunterseite



Abb. 4: DJI Mavic 3E.



Abb. 5: Intel Falcon 8+ mit Sony RX1R II.

Methodik / Instrumentarium

Methodik:

- Obere Linthbrücke in Ziegelbrücke als Testobjekt
- Manuelle Befliegungen
- Möglichst viel Überlappung der Bilder
- Targets und natürliche Passpunkte

DJI Mavic 3E:

- RTK-Drohne
- Max. Neigungswinkel der Kamera nach oben: 35°

Intel Falcon 8+:

- Mit Sony Alpha 7R und Sony RX1R II
- GPS-Koordinaten aus Navigationslösung (ungenau)
- Max. Neigungswinkel der Kamera nach oben: 90°

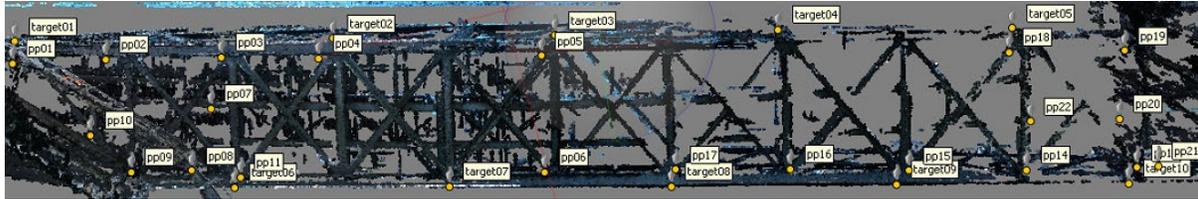


Abb. 6: Die Punktwolke der DJI Mavic 3E ist zu wenig dicht aufgrund der geringen Anzahl Fotos.

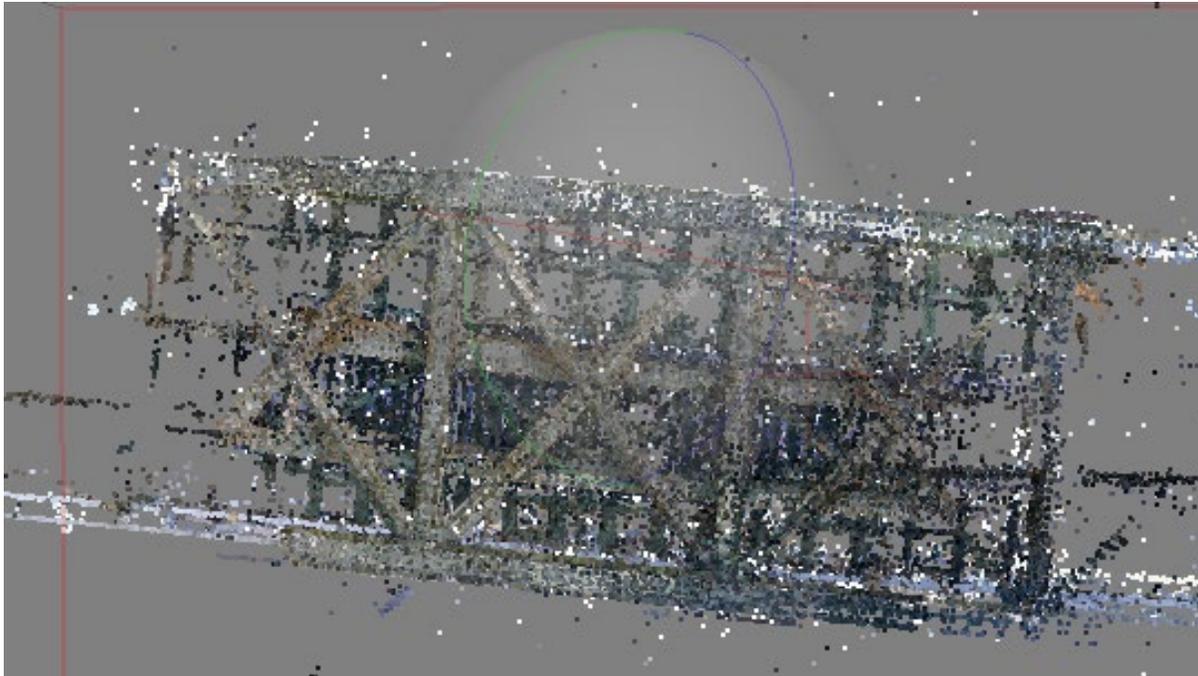


Abb. 7: Das Modell der Brücke der Intel Falcon 8+ ist zu „kurz“.

1. Messkampagne

DJI Mavic 3E:

- Zu wenig Bilder
- Zu wenig steiler Blickwinkel der Kamera

Intel Falcon 8+ mit Sony Alpha 7R:

- Ohne Näherungskordinaten
- Brücke wird zu «kurz» dargestellt, weil die Brücke ein sich wiederholendes identisches Muster aufweist

Erkenntnisse:

- DJI Mavic 3E: mehr Bilder machen
- Intel Falcon 8+: Näherungskordinaten aus log-file



Abb. 8: Das Modell der Brücke ist aufgrund von grob falsch positionierten Bildern fehlerhaft.



Abb. 9: Das Bild mit target02 abgebildet wird unzutreffend an der Stelle von target03 positioniert.

2. Messkampagne

Intel Falcon 8+ mit Sony RX1R II:

- Näherungskoodinaten aus der Navigationslösung der Drohne sind zu ungenau
- Grob falsch positionierte Bilder im Alingment sind nicht zu verhindern

Lösungsansatz:

- Prisma für die Drohne anfertigen und montieren
- Prisma während Befliegung mit einem Tachymeter tracken



Abb. 10: Das angefertigte Prisma ist von allen Seiten messbar.



Abb. 11: Die Drohne wurde mittels Totalstation vom Ufer aus getrackt.

Finale Messkampagne

DJI Mavic 3E:

- Erfolgreich

Intel Falcon 8+ mit Sony RX1R II :

- Erfolgreich
- Tracken der Drohne funktioniert gut

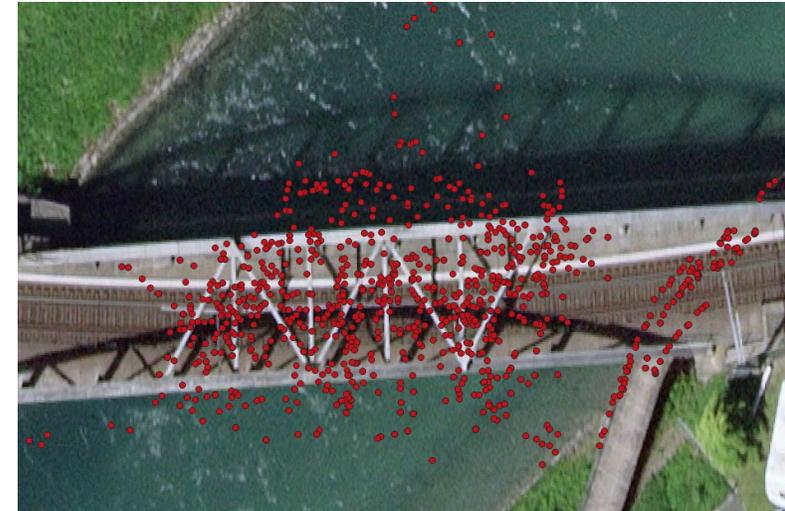


Abb. 12: Die Aufnahmestandorte der Intel Falcon 8+.

Resultate

DJI Mavic 3E



Abb. 13: Das Orthofoto der DJI Mavic 3E weist eine hohe Genauigkeit auf, hat aber einige Löcher im Modell.

Intel Falcon 8+

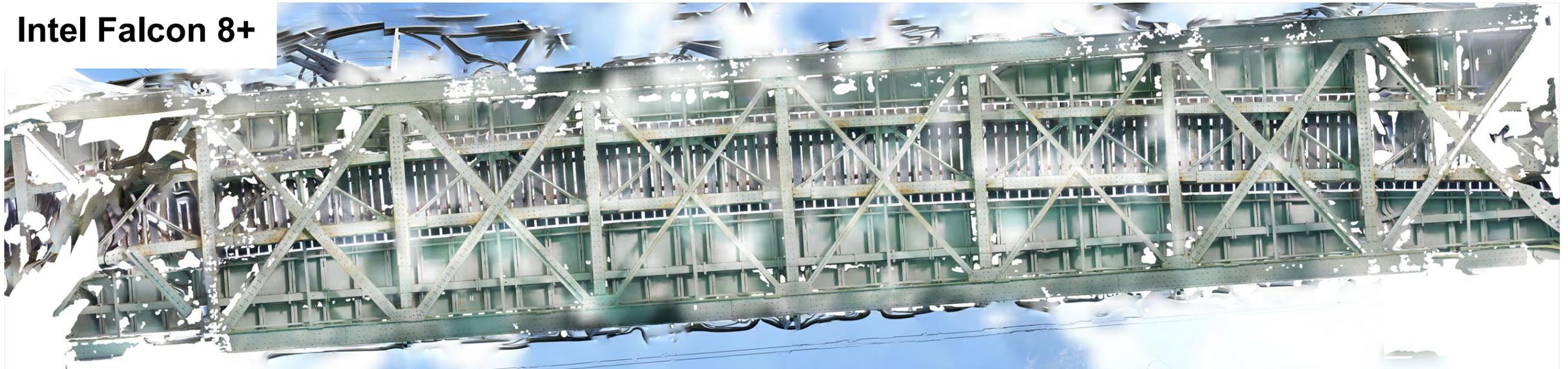


Abb. 14: Das Orthofoto der Intel Falcon 8+ mit der Sony RX1R II weist eine hohe Genauigkeit auf, ist vollständig und ist gegenüber dem Orthofoto der DJI Mavic 3E schärfer und detailreicher.

Resultate / Anwendungen

DJI Mavic 3E:

- Modell: nicht ganz vollständig, einige Löcher
- Auflösung: mittelmässig

Intel Falcon 8+ mit Sony RX1R II:

- Modell: vollständig
- Auflösung: sehr scharf und detailreich



Abb. 15: Das Orthofoto der Sony RX1R II (rechts) ist vollständiger und schärfer als das Orthofoto der DJI Mavic 3E (links).

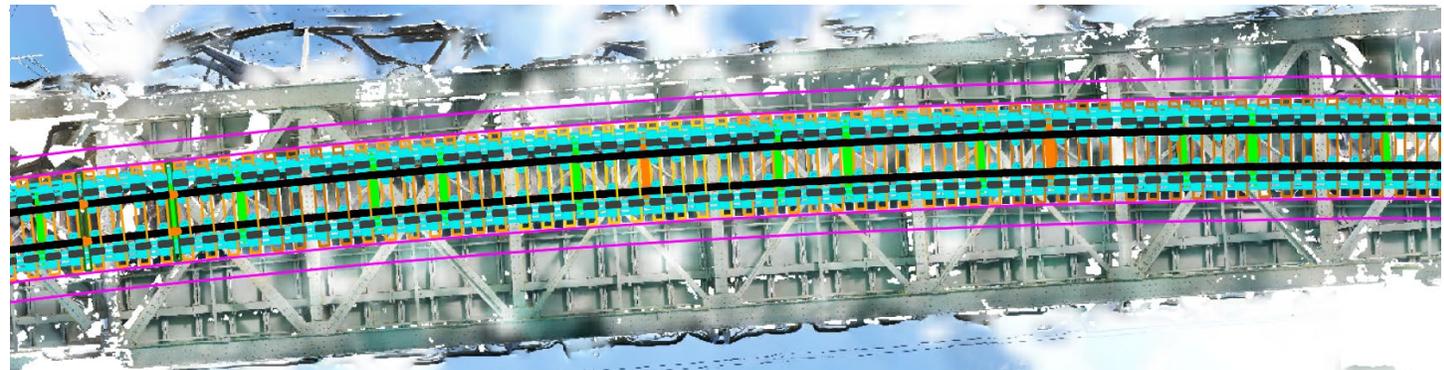


Abb. 16: Das Orthofoto gibt dem Betrachter des Modells eine gute Übersicht. Die Interpretation wird damit vereinfacht.

Genauigkeiten – Vergleich mit Referenzscans

Referenzscans:

- Mit der Totalstation SX12 unter der Brücke
- schleifender Schnitt in der Brückenmitte

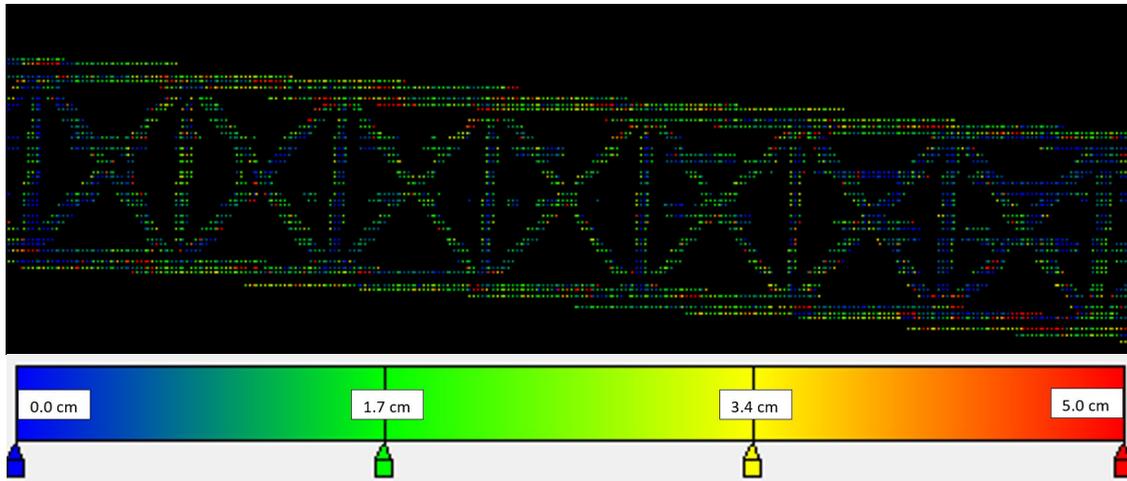


Abb. 17: Die Abweichungen der Punktwolke aus den DJI Mavic 3E Aufnahmen zum Referenzscan der Totalstation SX12 sind farblich dargestellt. Die Abweichungen der Punkte auf den Metallträgern betragen maximal 3 cm .

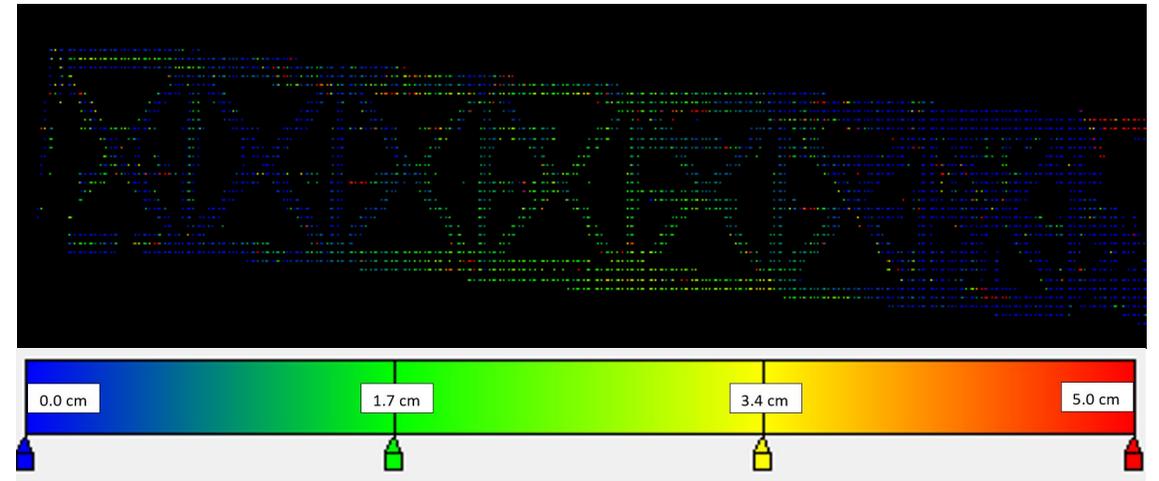


Abb. 18: Die Punktwolke aus den Aufnahmen mit der Intel Falcon 8+ mit der Sony RX1R II passt gut zum Referenzscan. Die etwas höhere Abweichung in der Mitte der Brücke kann auch aus dem schleifenden Schnitt des Referenzscans mit der Totalstation SX12 stammen.

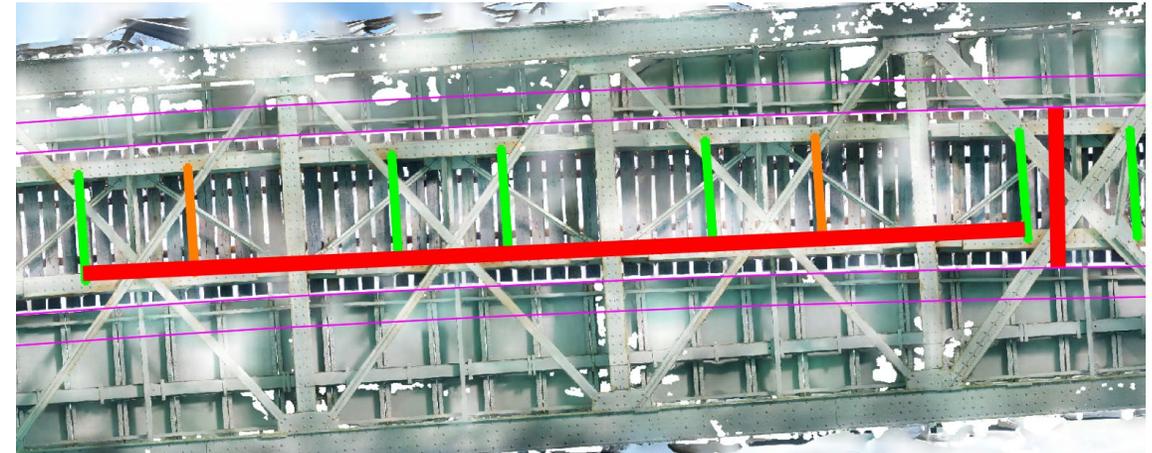
Genauigkeiten – Vergleich mit dem Modell

Bestehendes Brückenmodell:

- Aus Tachymeter- und Messtrolleyaufnahmen auf der Brücke



Abb. 19: Die modellierten Elemente vom bestehenden Modell passen sehr gut zum Orthofoto der Intel Falcon 8+.



Lange Referenzstrecke in Meter

Modell	DJI Mavic 3E	Differenz	Intel Falcon 8+	Differenz
15.332 m	15.335 m	0.003 m	15.328 m	0.004 m

Kurze Referenzstrecke in Meter

Modell	DJI Mavic 3E	Differenz	Intel Falcon 8+	Differenz
2.615 m	2.612 m	0.003 m	2.616 m	0.001 m

Abb. 20: Die lange rote Strecke verbindet zwei schmale Querträger und die kurze rote Strecke ist der Abstand zwischen den beiden Fusswegen.

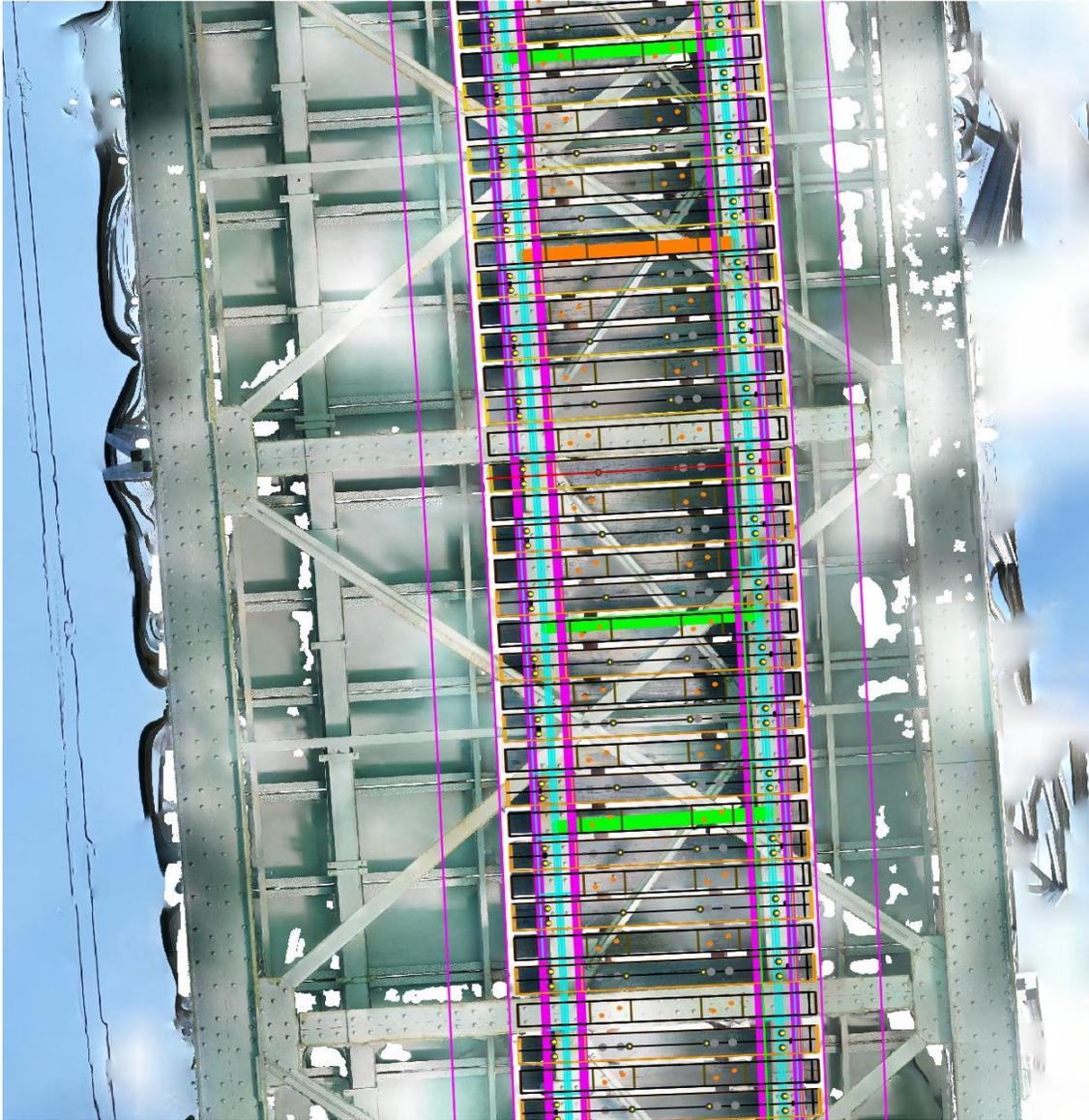


Abb. 21: Modell der Brücke mit dem Orthofoto der Intel Falcon 8+ im Hintergrund.

Fazit / Ausblick

Fazit:

- Zielsetzung erreicht
- Gute Genauigkeit
- Sehr detailliertes Orthofoto mit hoher Auflösung
- Die Möglichkeit das Orthofoto mit den Modelldaten zu überlagern ist sehr wertvoll

Ausblick:

- Automatische Befliegung
- Evaluation einer RTK-Drohne für Zenitaufnahmen