

# INS- und bildbasierte Messmethoden für bewaldete Gebiete

In letzter Zeit werden vermehrt rucksackgetragene Mobile Mapping Systeme (MMS) entwickelt. Diese zeichnen sich durch ihre Flexibilität aus und können auch in schwer zugänglichen Gebieten eingesetzt werden. Im Rahmen dieser Masterthesis wurde das Potential des am Institut für Vermessung und Geoinformation entwickelten MMS BIMAGE Capture Pro für bewaldete Gebiete untersucht. Anhand von unterschiedlichen Auswertungen wurde getestet, mit welchen erfassten Daten die bestmögliche Trajektorie berechnet werden kann und wie genau Grenzpunkte bestimmt werden können. Mit diesem MMS sind mit bildbasierten Einzelpunktupdates die besten Resultate zu erreichen. Absolute Genauigkeiten von 10 cm sind möglich.

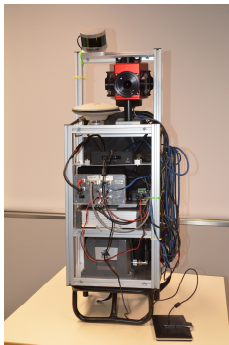


Abb. 1 und 2: BIMAGE Capture Pro

## BIMAGE Capture Pro

Der Prototyp BIMAGE Capture Pro (Abbildungen 1 und 2) ist mit einem GNSS-Empfänger, einem Inertial Navigation System (INS), einem LiDAR-Sensor und einer Panoramakamera ausgestattet. Die GNSS- und INS-Beobachtungen dienen zur Positionierung des MMS. Aufgrund der starken GNSS-Abdeckung im Wald, ist die genaue Lokalisierung ein Problem. Die alleinige Verwendung der inertialen Messungen reicht nicht für die genaue Positionsbestimmung des MMS. Die Verwendung der SLAM-Technologie (Simultaneous Localization and Mapping) ist eine weitere Methode, mit der die Position des MMS bestimmt werden kann. Dafür dient beim BIMAGE Capture Pro der laserbasierte SLAM-Algorithmus LOAM (LiDAR Odometry and Mapping). Die Bilder der Kamera dienen für die Berechnung einer bündelblockbasierten Trajektorie und zur Punktbestimmung.

## Praxiskampagne und Testgebiet

Im Rahmen einer Praxiskampagne wurden in einem bewaldeten Gebiet in der Gemeinde Bellmund (Kt. Bern) mehrere Trajektorien erhoben. Dabei wurden möglichst unterschiedliche Situationen berücksichtigt. Um aussagekräftige Resultate zu ermöglichen, wurde in diesem Testgebiet vorgängig mittels GNSS-Messungen und tachymetrischen Messungen ein umfassendes Referenznetz erhoben.

## Auswertung

Die direkt georeferenzierte Trajektorie basiert nur auf den GNSS-/INS-Beobachtungen. Die innere Genauigkeit (Abbildung 3) zeigt das typische Verhalten wenn keine GNSS-Stützung vorliegt.

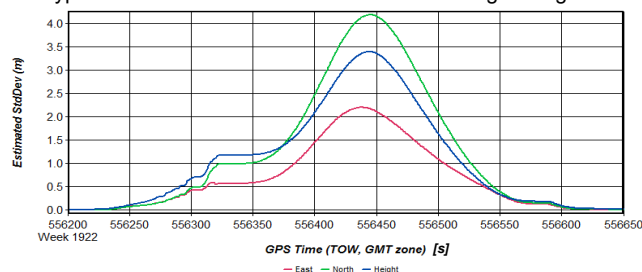


Abb. 3: innere Genauigkeit der direkten Georeferenzierung

Mit den aus der direkt georeferenzierten Trajektorie abgeleiteten äusseren Orientierungen der Bilder, lassen sich mittels einem räumlichen Vorwärtsschnitt die Koordinaten von Punkten bestimmen. Die Koordinatendifferenzen zu bekannten Punkten werden als Koordinatenupdate (CUPT) für die Berechnung der integriert georeferenzierten Trajektorie als Stützung verwendet. Die innere Genauigkeit (Abbildung 4) wird dadurch stark beeinflusst und deutlich besser.

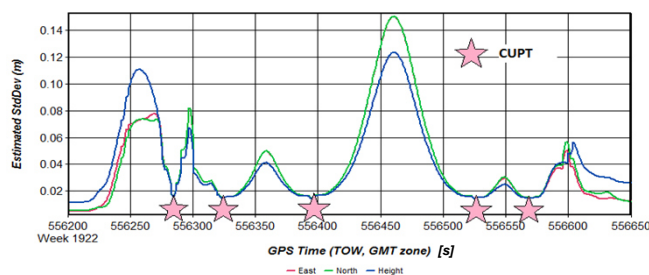


Abb. 4: innere Genauigkeit der integrierten Georeferenzierung

Durch die Stützung mittels Einzelpunktupdates wird die Trajektorie erheblich verbessert (Abbildung 5), was wiederum zu markant besseren absoluten Genauigkeiten führt.

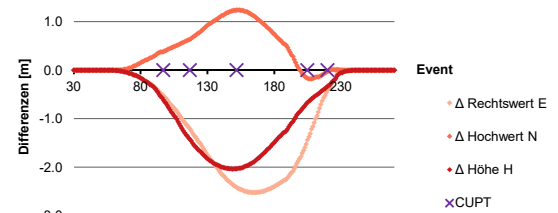


Abb. 5: Vergleich zwischen der direkt und der integriert georeferenzierten Trajektorie (1 Event  $\hat{=}$  ca. 2 m)

Eine SLAM-basierte Stützung ist in bewaldeten Gebieten mit dem LOAM-Algorithmus in Kombination mit dem verwendeten Scanner nicht möglich. Die prozessierte SLAM-Trajektorie weicht stark von der effektiven Trajektorie ab. Ebenfalls ist die untersuchte bündelblockbasierte Berechnung im Wald nicht zielführend. Die unterschiedlichen Lichtverhältnisse, die stark variierenden Betrachtungswinkel in den Bildern und die mangelhafte Überlappung zwischen den Bildern werden als Hauptgrund angesehen.

## Fazit

Mit einer auf Bildmessung basierten einzelpunktgestützten integrierten Georeferenzierung lässt sich in bewaldeten Gebieten die bestmögliche Trajektorie berechnen. Aus dem Vergleich mit Referenzpunkten ergibt sich, dass eine Punktbestimmung mit einer mittleren Lagegenauigkeit von ca. 10 cm möglich ist, sofern durchschnittlich alle 60 Sekunden ein Koordinatenupdate zur Stützung eingeführt wird. Die Höhe kann deutlich genauer bestimmt werden.