

Aktuelle Arbeiten mit naher Fernerkundung zur detaillierten Erfassung von Waldstrukturen

Daniel Küklenbrink, Barbara Allgaier Leuch, Natalia Rehush, Meinrad Abegg, Aline Bornand, Hristina Hristova, Mauro Marty und Christian Ginzler

Mit dem Ziel, mehr auf Messungen statt auf Schätzungen beruhende Daten auf grösserer Fläche zu erhalten, werden an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und im Schweizerischen Landesforstinventar (LFI) derzeit verschiedene Methoden der nahen Fernerkundung getestet. Mit diesen Methoden können hochaufgelöste 3-D-Punktclouds auf Inventurplots und Dauerbeobachtungsflächen effizient erhoben und Merkmale zu Bäumen und Waldstrukturen abgeleitet werden.

Im LFI beruhen die Informationen zu Bäumen, Beständen und Standorten auf einer Stichprobe. Die Datenerhebung erfolgt auf einem regelmässigen Raster (alle 1,4 km eine Probefläche), wobei die Aufnahmeflächen je nach Merkmal unterschiedlich gross sind und die Merkmale zum Teil auf Messungen, zum Teil auf gutachterlichen Schätzungen beruhen. Der Brusthöhendurchmesser (BHD) der Probebäume wird beispielsweise auf Kreisflächen von 2 bzw. 5 Aren gemessen, während die Struktur oder der Deckungsgrad von Beständen von den Feldteams auf der sogenannten Interpretationsfläche von 50 × 50 m Grösse eingestuft, also geschätzt werden. Wünschenswert wäre es, wenn geschätzte Merkmale künftig durch Messungen unterstützt werden könnten.

Das Ziel: mit naher Fernerkundung zu mehr gemessenen Daten im LFI

Im Rahmen eines F&E-Projekts werden derzeit an der WSL und im LFI Sensoren getestet und Arbeitsläufe entwickelt, um mit Methoden der nahen Fernerkundung 3-D-Daten auf den Interpretationsflächen zu erheben und daraus Merkmale rechnerisch abzuleiten. Methoden der nahen Fernerkundung, die näher geprüft werden, sind insbesondere terrestrisches Laserscanning mit stationären und mobilen Scannern (TLS, MLS), drohnengestütztes Laserscanning sowie terrestrische Fotogrammetrie mit Bildern, die mit einer GoPro-Kamera aufgenommen worden sind.

Erklärtes Ziel dieses Projektes ist es einerseits, bestehende LFI-Merkmale, die auf gutachterlichen Schätzungen oder Einstufungen beruhen, mit Messungen zu ergänzen. Andererseits soll bei bereits heute gemessenen Merkmalen die Aufnahmefläche vergrössert werden. Wenn gewisse Baumdaten statt bislang nur auf den Probekreisen neu auch für die Interpretationsfläche verfügbar wären (z.B. Baumposition, BHD, Baumart), könnten die Aussagen zur Schutzwirkung oder zur Biodiversität des Schweizer Waldes verbessert werden.

Die Herausforderungen sind allerdings gross. Die Aufnahmen auf den Interpretationsflächen müssen vom Frühling bis in den Spätherbst, bei jedem Wetter, in allen Wäldern, egal wie steil und dicht sie sind, sowie durch die verschiedenen Feldteams in gleicher Qualität durchgeführt werden können. Auch dürfen die Aufnahmen nicht viel Zeit beanspruchen. Dazu kommt, dass die genauen Arbeitsschritte für die Merkmalsextraktion mehrheitlich noch entwickelt werden müssen.

Tests im Ramerenwald und auf weiteren Flächen

Um die verschiedenen Sensoren zu vergleichen und zu testen, wurden im Ramerenwald bei der WSL alle Bäume auf einer Fläche von einer Hektare eingemessen. Danach wurde die Fläche mit folgenden Sensoren aufgenommen (Abbildung 20): GoPro Hero 8 Black (Fotogrammetrie), GeoSLAM ZebRevo und ZebHorizon (MLS), Leica BLK360 (TLS) und Riegl miniVUX2 (drohnengestütztes Laserscanning).

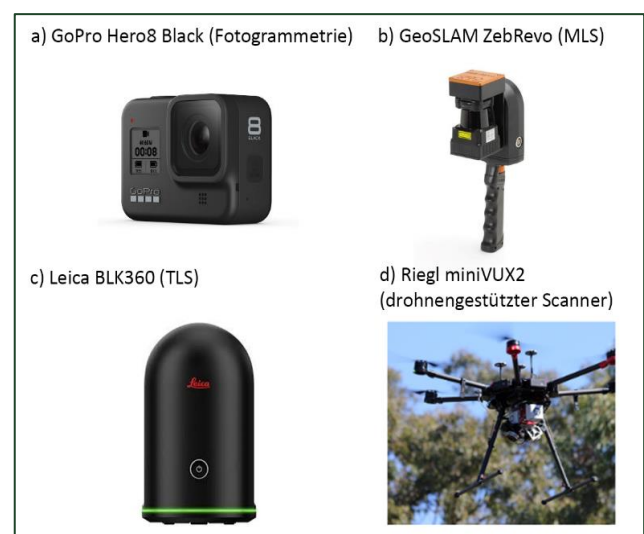


Abbildung 20: Die getesteten Instrumente. a) GoPro Hero8 Black (terrestrische Fotogrammetrie), b) GeoSLAM ZebRevo (MLS), c) Leica BLK360 (TLS), d) Riegl miniVUX2, montiert auf einer Drohne des Typs DJI Matrice M600 Pro.

Die Aufnahmen lieferten Punktdaten mit je nach Sensor sehr unterschiedlichen Punktdichten (Tabelle 3) und vertikalen Punktverteilungen (Abbildung 21). Um die Datensätze vergleichen zu können, wurden erste Merkmale abgeleitet. Es waren dies die Position und der BHD der Bäume. Bezüglich der Datenqualität lieferte das TLS die besten Ergebnisse, dicht gefolgt vom MLS. Dabei ist zu beachten, dass beim MLS die Hardware derzeit rasant verbessert wird. So war die vertikale Abdeckung beim zuerst getesteten Sensor ZebRevo ungenügend, beim wenige Zeit später auf dem Markt erhältlichen Sensor ZebHorizon dagegen schon fast so gut wie mit TLS (Abbildung 22). Der Zeitaufwand für das

Scannen von Flächen so gross wie die LFI-Interpretationsflächen (50 × 50 m) war aber beim TLS mit vier Stunden markant höher als beim MLS, bei dem lediglich 15 bis 20 Minuten benötigt wurden. Die Aufnahmen mittels Drohnen ergaben bei belaubten Verhältnissen sehr wenige Punkte in den unteren Schichten, was die Baumdetektion und die BHD-Abschätzung erschwerte. Die Daten aus der Fotogrammetrie hatten einen sehr hohen Detaillierungsgrad, und die Anschaffungskosten für die GoPro-Kamera waren gering. Allerdings war die Prozessierung aufwändig und nicht zuverlässig. Die Punktdaten der im Ramerenwald getesteten Geräte können im Webbrowser über <http://pointclouds.wsl.ch> visualisiert werden (Abbildung 23).

Tabelle 3: Auflistung einiger getesteter Sensoren zur Erhebung von 3-D-Punktwolken im Ramerenwald. Die Zeitangaben zur Aufnahme und Prozessierung der Daten beziehen sich (wenn nicht anders vermerkt) auf eine Fläche von 50 × 50 m, was der Grösse der Interpretationsflächen des LFI entspricht.

| Methode | Sensor | Zeit für Aufnahme (für 50 × 50 m) | Zeit für Datenpro- zessierung (für 50 × 50 m) | Punktdichte (Pte/m ²) |
|---|-----------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Terrestrische Fotogrammetrie | GoPro Hero 8 Black | 20 Minuten | 1–2 Tage | 29'523 |
| Mobiles (terrestrisches) Laserscanning (MLS) | GeoSLAM Zeb- Revo | 15-20 Minuten | 10 Minuten | 15'777 |
| (Stationäres) terrestrisches Laserscanning (TLS) | Leica BLK360 | 6 Stunden | 4 Stunden | 1'203'548 |
| Drohngestütztes La- serscanning | Riegl miniVUX2 | 12 Minuten (für 1 ha) | ca. 1 Stunde | 1'888 |

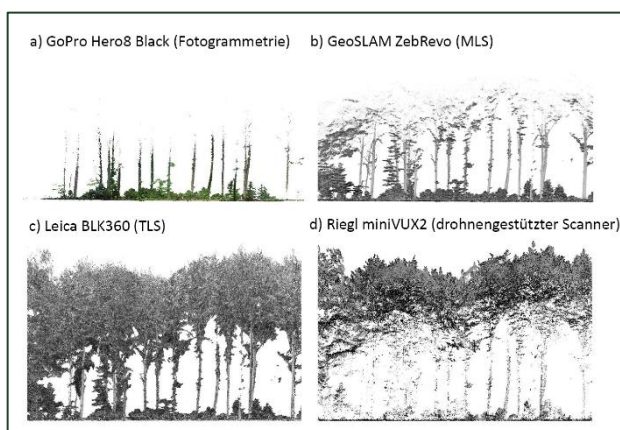


Abbildung 21: Querschnitt durch Aufnahmen mit den getesteten Sensoren durch eine Versuchsfläche. a) GoPro Hero8 Black (Fotogrammetrie); b) GeoSLAM ZebRevo (MLS); c) Leica BLK360 (TLS); d) Riegl miniVUX2 (drohngestütztes Laserscanning).

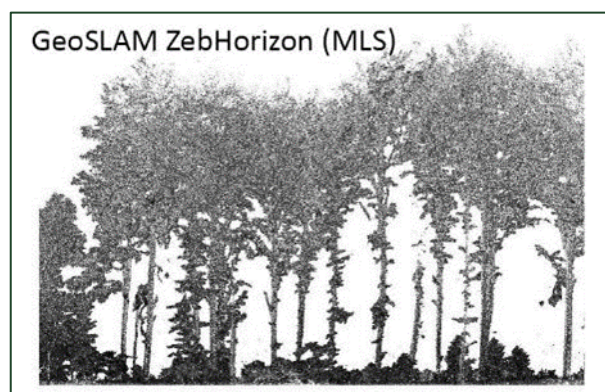


Abbildung 22: Querschnitt durch eine Aufnahme mit dem Sensor GeoSLAM ZebHorizon (MLS). Einfärbung anhand der rückgestreuten Laserintensität.

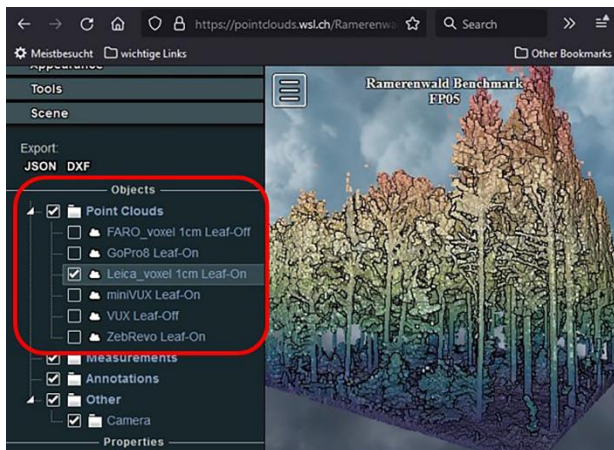


Abbildung 23: Screenshot der "potree"-Applikation auf pointclouds.wsl.ch, mit der die Punktwolken, die mit den verschiedenen Sensoren im Ramerenwald aufgenommen worden sind, verglichen werden können. Die Punktwolken können - unter dem "Scene"-Reiter auf der linken Seite - ausgewählt werden (rot hervorgehobener Kasten in der Abbildung).

Auch Forschung mit TLS-Aufnahmen und 360°-Bildern läuft auf Hochtouren

Neben all diesen Abklärungen und Untersuchungen für einen operationellen Einsatz von mobilem und drohnengestütztem Laserscanning im LFI und in der LWF wird an der WSL auch die Forschung mit hochaufgelösten TLS-Aufnahmen und den bereits vorhandenen 360-Grad-Bildern weiter vorangetrieben. Themen, die wir aktuell untersuchen, sind etwa die Erkennung von Baummikrohabitaten, die Modellierung des Holzvolumens der stehenden Bäume oder die automatische Bestimmung der Baumarten.

Momentanes Fazit für den Einsatz im LFI ...

Am vielversprechendsten für einen operationellen Einsatz für Waldinventuren wie dem LFI mit seinen über 6500 Waldprobeflächen sehen wir derzeit das MLS. Die Handhabung des Scanners ist einfach, und die Aufnahmen waren auch auf Flächen mit sehr dichtem Unterwuchs und in steilem Gelände erfolgreich. Um den reibungslosen Betrieb im LFI abzuklären, sind aber noch diverse Tests unter noch extremeren Bedingungen erforderlich.

... und in der LWF

Kann auf Untersuchungsflächen mehr Zeit investiert werden, lohnt es sich, unterschiedliche Sensoren zu kombinieren. Die Daten aus dem drohnengestützten und dem mobilen Laserscanning ergänzen sich ideal. So werden mit dem drohnengestützten Laserscanning zufriedenstellende Punktdichten im Bereich der Baumkronen, mit MLS dagegen in Bodennähe erzielt. Werden die beiden Datensätze kombiniert, ergibt sich daraus ein 3-D-Datensatz mit hoher vertikaler Vollständigkeit. Der Arbeitsfluss zum Kombinieren der beiden Datensätze läuft bereits operationell. Mit den beiden Methoden können auch Flächen von mehr als 50 × 50 m Grösse effizient erhoben werden. Es ist geplant, bis 2025 alle 19 Flächen der LWF zu erfassen, um dort die Vegetationsstrukturen vollständiger quantifizieren zu können.