

# Laserscanning : Erfahrungen aus Projekten in der Schweiz

Autor(en): **Gut, T. / Budmiger, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **97 (1999)**

Heft 9

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235575>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Laserscanning: Erfahrungen aus Projekten in der Schweiz

Mit Laserscannermessung aus Flugzeugen lassen sich sehr dichte und hochqualitative Geländemodelle erfassen. Das Verfahren ist ausgesprochen effizient und seine Resultate vielseitig einsetzbar. In der Schweiz wurden im Frühjahr 1999 nun erstmals kommerzielle Projekte durchgeführt.

*Par des mesures laser systématiques (scannage) à partir d'avions, il est possible de saisir des modèles de terrain d'une haute densité et qualité. Le procédé est particulièrement, efficient et ses résultats sont d'applications variées. Pour la première fois en Suisse, des projets commerciaux ont été réalisés au printemps 1999.*

Le misurazioni dagli aerei con lo scanner a laser permettono di rilevare modelli digitali del terreno, molto fitti e qualitativamente validi. Il processo è estremamente efficiente e i suoi risultati sono utilizzabili in modo polivalente. Nella primavera del 1999 in Svizzera sono stati per la prima volta realizzati dei progetti commerciali.

Th. Gut, P. Budmiger

Die steigende Nachfrage nach aktuellen Höhenmodellen (DTM) erfordert Verfahren, welche eine präzise, rasche und kostengünstige Datenerfassung erlauben.

Laserscannermessungen aus Flugzeugen bieten in dieser Hinsicht zum traditionellen photogrammetrischen Verfahren eine interessante Alternative.

Das Laserscanverfahren wird bereits seit mehr als einem Jahrzehnt zur Erfassung der Geländeoberfläche eingesetzt. In den vergangenen Jahren sind in Europa mehrere Firmen entstanden, welche den Laserscanner im Flächenflugzeug oder Helikopter zur DTM-Erfassung kommerziell einsetzen. In der Schweiz wurden Laserscannermessungen bis anhin aber ausschliesslich zu Forschungszwecken durchgeführt.

Die Grunder Ingenieure AG, Hasle-Rüegsau, realisierte im Frühjahr 1999 in Zusammenarbeit mit der TopScan GmbH, Münster D, die ersten kommerziellen Laserscanningprojekte in der Schweiz.

## Prinzip der Laserscannermessungen

Die Laserscannermessung ist ein flugzeuggestütztes Messsystem zur Erfassung der

Erdoberfläche. Eine Laserscannermessung ist im Prinzip als dreidimensionalen Vektor zwischen Flugplattform und Geländeoberfläche zu verstehen.

Der Sensor sendet Laserimpulse aus (Messrate 50 Hz bis 10 000 Hz), welche am Boden reflektiert werden. Durch Messung der Laufzeit des Laserimpulses kann die Distanz zwischen Flugzeug und Geländeoberfläche ermittelt werden. Die Elemente der absoluten Vektororientierung – Position und Lage des Sensors im Raum – ergeben sich aus GPS-Messungen (Position) sowie Inertialmesssystem (IMS)-Beobachtungen (Neigungswinkel) im

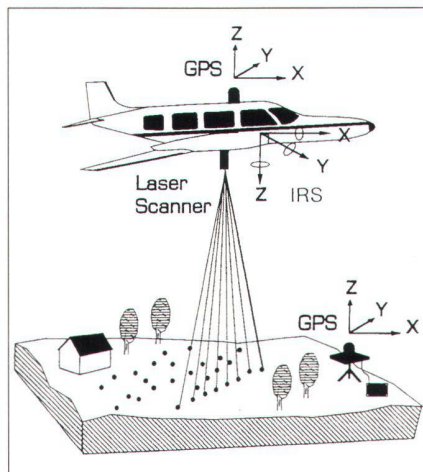


Abb. 1: Funktionsprinzip Laserscanner.

Fluggerät. Aus der Länge des räumlichen Vektors und den zugehörigen Orientierungselemente lassen sich die Koordinaten der gemessenen Reflektionspunkte berechnen. Die nun in dreidimensionalen Koordinaten bekannten Bodenpunkte bilden die Grundlage für ein DTM.

Laserscannermessungen können grundsätzlich bei jeder Jahreszeit und bei Tag und Nacht durchgeführt werden, da die Lichtverhältnisse – im Gegensatz zum photogrammetrischen Bildflug – keinen Einfluss spielen. Entscheidend ist, dass zwischen Fluggerät und der zu erfassenden Geländeoberfläche keine Sichthindernisse wie tiefe Bewölkung, Niederschlag oder Bodennebel auftreten.

## Messergebnisse

Als erstes Ergebnis liefern die Laserscannermessungen die Koordinaten jedes Reflektionspunktes. Dies bedeutet, dass die rohen, unbearbeiteten Messungen ein Abbild des Reliefs inklusive aller Gebäude, Vegetation, temporäre Oberflächenformen, etc. liefern.

Je nach Verwendungszweck des Endprodukts müssen die Rohmessungen mit geeigneten Filtern bearbeitet werden. Dies erlaubt eine Klassifizierung der Laserpunkte, welche die Attribute «Geländeoberflächenpunkt» oder «sonstiger Punkt» zulässt. Eine gefilterte, klassifizierte Punktmenge kann als Endresultat der Laserscannermessungen betrachtet werden. Daraus lassen sich Produkte wie ein DTM ableiten.

Der heutige Stand der Aufnahme- und Auswerteverfahren lassen eine Höhengenaugigkeit der Laserpunkte von unter 15 cm zu (eine Standardabweichung).

## Anwendungen in der Schweiz

Im Mail 1999 wurden verschiedene Perimeter im Emmental und im Kanton Basellandschaft befliegen. Die unterschiedlichen Charakteristiken der acht Aufnahmegebiete geben einen guten Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen der Laserscanningmethode im kommerziellen Einsatz in der Schweiz.



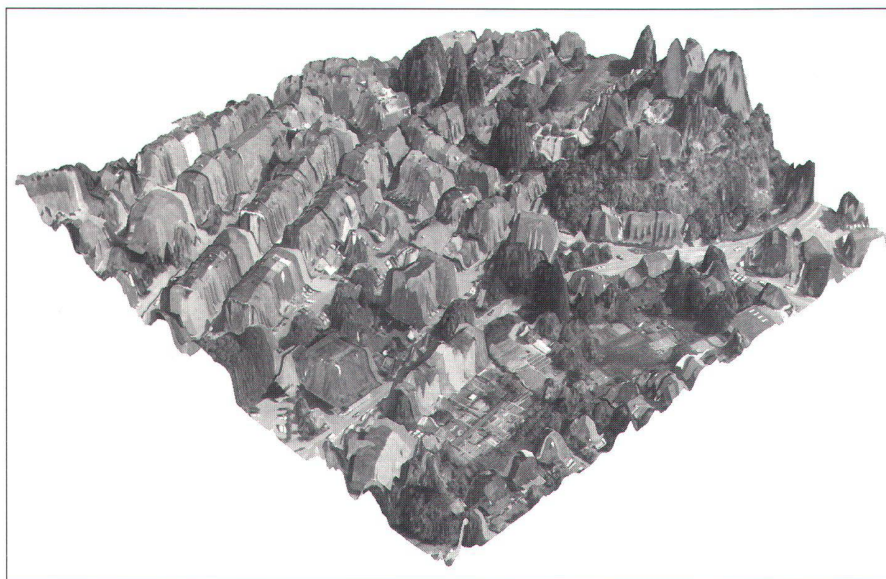


Abb. 2: Stadtmodell Burgdorf: Kombination Laserscannerdaten mit digitalem Orthophoto.

## Stadtmodell

Für die Berechnung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen oder Lärm werden einfache dreidimensionale Stadtmodelle benötigt. Neben der traditionellen 3-D-Datenerfassung ab Luftbildern stellt Laserscanning eine interessante Alternative dar. Schnelle und unkomplizierte Aufnahme sowie weitgehend automatisierte Datenauswertung sind die wichtigsten Vorteile dieses Verfahrens.

Die Stadt Burgdorf stellt mit ihrer vielseitigen Topographie, der unterschiedlichen Bebauung, einer grösseren Bahnanlage sowie dem Fluss Emme ein anspruchsvolles Projektgebiet dar.

In Burgdorf wurden gut 450 ha Stadtgebiet erfasst. Die DTM-Rasterweite wurde auf 0.5 m gesetzt, um mit den Daten ein aussagekräftiges 3-D-Stadtmodell generieren zu können. Die Laserpunktdichte bewegte sich um 1.2 m.

In Kombination mit einem vorhandenen Orthophoto konnte ein realitätsnahes Stadtmodell erstellt werden. Im Vergleich zu photogrammetrisch hergestellten Stadtmodellen macht sich das Fehlen der Bruchkanten durch die schrägen Fassaden bemerkbar. Über die Generierung von Bruchkanten aus Laserscannerdaten laufen z.Z. an verschiedenen Universitäten intensive Forschungsarbeiten.

## Bahnlinie

Auf einer Länge von zwei Kilometern wurde eine Bahnlinie mit Trasse, Gleisanlage und Fahrleitungen erfasst.

Um höchste Genauigkeiten zu erreichen, wurde das Gebiet in einer Laserpunktdichte von rund 1 m befliegen. Aus diesen Scannerdaten liess sich ein DTM mit einer Maschenweite von 0.5 m ableiten. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Laserscannerdaten für eine Vermessung der Gleise ungenügend sind. Sie sind jedoch ideal für die Erfassung der übrigen Bahnanlage, wie Damm, Umgelände, etc.

## Waldkartierung

In der Region Burgdorf wurde ein rund 200 ha grosser Auenwald von nationaler Bedeutung erfasst. Die Messungen sollen im Rahmen einer forstlichen Bestandskartierung Aufschluss über das Waldbo-

denrelief und das Kronendach geben. Um dies zu erreichen, wurde der Perimeter zwei Mal befliegen. Dabei wurde jeweils der erste resp. letzte reflektierte Laserimpuls registriert.

Im Moment wird mit den Resultaten eine in Finnland entwickelte Methode getestet, mit welcher die Oberhöhen von Waldbeständen automatisch ermittelt werden können.

## Flussbau

Entlang der Emme werden zwei Flussaufweitungen projektiert. Dazu müssen Geländemodelle in Auenwäldern hergestellt werden.

Zur Herstellung der Geländemodell hat sich die Methode bestens bewährt. Jedoch konnten kaum Aussagen über die Uferlinie und die Flusssohle inkl. Kiesbänke gemacht werden, da auf Wasser keine Laserpunkte erfasst werden können.

## Hochspannungsleitung

Die Bernischen Kraftwerke (BKW) überwachen die Trassen ihrer Überlandstromleitungen mittels Begehungen. Neben der Kontrolle der Masten und Leitungen ist die regelmässige Bestimmung des Abstandes von Bäumen zur Leitung eine wichtige Aufgabe. Die BKW testen ein Verfahren mit helikoptergestützten Videoaufnahmen und wollen diese mit Laserscanningaufnahmen vergleichen.

Es wurde ein 2 km langer Leitungsabschnitt befliegen, um Einsatzmöglichkeiten in der Schweiz abzuklären. Da Leitung, Mast, Vegetation, etc. sehr detailliert erfasst werden müssen, wurde der Perimeter mit der maximalen Punktdichte abgescannt.

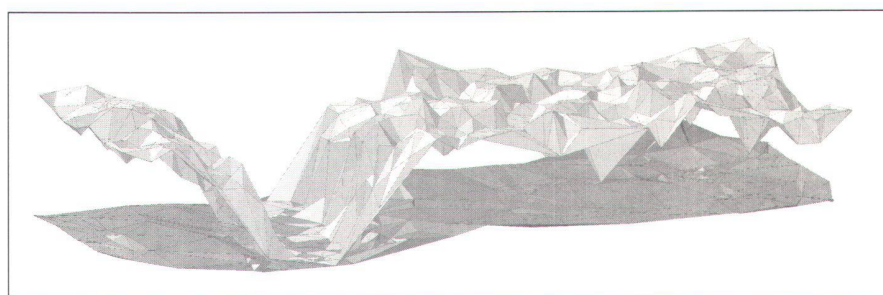


Abb. 3: Oberflächenmodell Waldboden mit Kronendach.



## Grossflächiges Geländemodell

Mit dem Laserscanner wurden 95 km<sup>2</sup> des hügligen und stark bewaldeten Napfgebietes befliegen. Das Bundesamt für Landestopographie ist bestrebt, ihr bestehendes DHM25 zu verbessern. Die Laserscanningdaten werden mit photogrammetrischen Auswertungen sowie Radaraufnahmen verglichen. Das Remote Sensing Laboratory (RSL) der Universität Zürich untersucht die aus den Tests resultierenden Gelände- und Oberflächenmodelle.

## Amtliche Vermessung

Die neue Amtliche Vermessung AV93 fordert ein genaues und flächendeckendes Geländemodell. Das traditionell eingesetzte photogrammetrische Verfahren mit terrestrischen Ergänzungsmessungen ist aufwendig.

Um abzuklären, im welchem Rahmen Laserscannermessungen in der Amtlichen Vermessung eingesetzt werden könnten, wurde im Auftrag des Kantonalen Vermessungs- und Meliorationsamtes Basel-Landschaft ein gut 1 km<sup>2</sup> Testperimeter befliegen.

## Erfahrungen aus den Schweizer Projekten

### Komplexe Flugplanung

Der Erfolg einer Laserscanning-Messkampagne beginnt mit einer seriösen Flugplanung. Analog eines photogrammetrischen Bildfluges wird beim Laserscanning streifenweise geflogen.

Damit auch Bergspitzen oder Hügelzüge miterfasst werden und nicht zwischen die Streifen zu liegen kommen, muss die Topographie des Perimeters bekannt sein. Die geforderte Genauigkeit des DTM und die Perimeterform legen die Parameter Scanwinkel, Messrate und Scanfrequenz sowie Fluggeschwindigkeit und Flughöhe über Grund fest. In den erwähnten Projekten wurde je nach Perimeter mit einer Streifenbreite von 250 bis 450 m und auf einer Höhe über Grund von 600 bis 770 m operiert.

Die Positionsbestimmung des Sensors im

Flugzeug erfolgt mittels differentiellem GPS. Dazu wurden zwei GPS-Referenzstationen am Boden benötigt. Die Distanz von den Stationen zum Flugzeug durfte 50 km nicht überschreiten.

### Scanflug

Für die Aufnahmen in der Schweiz kam das Sensorsystem ALTM 1020 (Hersteller: Optec Inc.) der Firma TopScan GmbH zum Einsatz. Als Flugplattform wurde eine zweimotorige Cessna 404 Titan der Hansa Luftbild verwendet.

Neben dem Pilot wird lediglich ein Operateur benötigt, welcher den Scanner inkl. GPS und IMS betreut sowie das Navigationssystem bedient.

Da die Flüge ab Münster, Deutschland, durchgeführt wurden, konnte auf Wetterveränderungen nicht wie gewohnt spontan reagiert werden. Dies erschwerte die Einsatzplanung.

### Koordination zwischen Flugzeug und GPS-Referenz

Entscheidend neben der Crew im Flugzeug ist während des Fluges die Arbeit am Boden. Es muss sichergestellt werden, dass beide GPS-Referenzstationen während des gesamten Scanfluges störungsfrei in Betrieb sind.

Als Referenzpunkte wurden die AGNES-

Stationen Zimmerwald und Muttenz sowie je ein geeigneter Fixpunkt der Amtlichen Vermessung im Emmental und Basel-Landschaft gewählt. Die GPS-Trackingle rate betrug 1 Hz, da die Positionsbestimmung für die Genauigkeit der Lasermessungen entscheidend ist. Die GPS-Positionsdaten wurden im Postprocessing-Modus ausgewertet. So kann eine höhere Zuverlässigkeit und Genauigkeit gewährleistet werden. Zu beachten sind dabei jedoch die grossen Datenmengen und ausreichend GPS-Speicherplatz.

Die Flugzeit für die sieben Perimeter im Emmental mit einer Totalfläche von 100 km<sup>2</sup> betrug knapp sieben Stunden.

### Umfassende Kontrolle

Neben der Messdatenauswertung, welche weitgehend automatisiert abläuft, ist ein besonderer Augenmerk der Datenkontrolle beizumessen.

In jedem Perimeter musste eine sogenannte Kontrollfläche vorhanden sein. Die Kontrollflächen werden am Anfang und am Ende des Fluges überflogen und lassen so Rückschlüsse auf die Qualität der Aufnahmen zu. Kontrollflächen sollten eine ebene Topographie aufweisen und müssen in einem Raster in Koordinaten bekannt sein.

Als Kontrollflächen haben sich im Pilot-



Abb. 4: Laserscanneraufnahme Burgdorf.



projekt Sportplätze bewährt, welche mittels kinematischem Echtzeit-GPS in einem gleichmässigen Raster eingemessen wurden.

Der Laserdatenauswertung folgt eine visuelle Plausibilitätskontrolle auf der CAD-Software MicroStation. Dazu wird digitales Kartenmaterial oder digitale Orthophotos benötigt, welches den Laserpunkten hinterlagert wird. Verwendet wurden digitale Übersichtspläne 1:10 000, teilweise zusätzlich noch Orthophotos.

## Datenflut

Die Filterung der Laserscannerdaten erfordert enorme Hard- und Softwarekapazitäten. Die spezielle Software wurde von der Firma TopScan GmbH, Münster D, entwickelt.

Die Generierung des DTM erfolgt auf konventionellen Programmen (Site-Works, SCOPE), welche auch in der Photogrammetrie oder Geodäsie eingesetzt werden. Doch gerade die Arbeit mit dieser herkömmlichen Software stellte einige der Hauptschwierigkeiten im Produktionsprozess dar. Die eingesetzten GIS-PC und die Software-Programmierung ist nicht auf eine solche Datenmenge, wie sie bei Laserscanning-Anwendungen anfällt, ausgelegt. Ein spezielles Datenhandling ist deshalb unumgänglich.

## Qualität der Daten

In den bereits analysierten Projekten wurden die Genauigkeitsanforderungen – auch im Wald – erreicht. Dies erstaunt

auch nicht, da die Laserscanningmethode in z.B. in Deutschland oder Holland in der amtlichen Vermessung standardmässig eingesetzt wird.

Die Aufnahmen für das Kantonale Vermessungs- und Meliorationsamt Basel-Landschaft werden auf ihre Tauglichkeit für die Schweizerische Amtliche Vermessung hin überprüft.

Im Bereich Bahnvermessung der bei der Erfassung von Hochspannungsleitungen sind der Methode aber ganz klar Grenzen gesetzt. Die Genauigkeitsanforderungen oder die Benutzerbedürfnisse können noch nicht voll erfüllt werden. Hier werden nach wie vor konventionelle Methoden effizienter sein.

## Konkurrenzfähige Lösung

Die Kosten für die Laserscannerbefliegungen liegen im Vergleich zu einem Photoflug höher. Die Flugstreifen sind schmaler, die Ausrüstung markant teurer und zudem muss eine GPS-Referenzstation am Boden betrieben werden.

Hingegen ist die Datenauswertung dank hoher Automatisierung weit weniger zeintensiv als in der Photogrammetrie.

Von der Vorbereitung bis zum fertigen, hochqualitativen Geländemodell sind je nach Perimetergrösse und -form mit Kosten pro km<sup>2</sup> von Fr. 500.– bis Fr. 2500.– zu rechnen.

## Laserscanning hat Zukunft

Die durchgeführten Projekte dürfen zweifellos als erfolgreich bezeichnet werden.

Die Geländemodelle unterschiedlicher Perimeter vermochten in den meisten Fällen den Anforderungen zu genügen. Für einzelne Anwendungen muss der Produktionsprozess aber noch auf die speziellen Bedürfnissen der Endabnehmer angepasst werden.

Es hat sich gezeigt, dass neben einem funktionierenden Messsystem und einer kundenspezifischen Auswertung eine perfekte Projektkoordination durch ein erfahrenes Ingenieurbüro in der Schweiz für den Erfolg eines Laserscanningprojektes unabdingbar ist.

Laserscanning ist zur Herstellung von hochgenauen Geländemodellen eine ernstzunehmende Alternative zur Photogrammetrie. Wirtschaftlichkeit, Genauigkeit und Vielseitigkeit sind ihre wichtigsten Vorteile.

Die Grunder Ingenieure AG wird die innovative Technik weiterverfolgen, damit auch in der Schweiz Laserscanning bald zu den Standardmethoden der DTM-Datenerfassung gehört.

Thomas Gut  
dipl. Kulturing. ETH  
Pol Budmiger  
dipl. Ing. ETH/SIA, NDS UF HTL  
Grunder Ingenieure AG  
Lützelflühstrasse 35  
CH-3415 Hasle-Rüegsau  
e-mail: griag@grunder.ch

# Die Geschenk- idee!

## 1 Jahres-Abonnement unserer Fachzeitschrift

**Vermessung  
Photogrammetrie  
Kulturtechnik**

Möchten Sie Ihren Mitarbeitern,  
Ihren Verwandten oder Freunden  
eine Freude bereiten?  
Dann rufen Sie uns für ein  
Geschenkabonnement an.

12mal jährlich informiert unsere  
Fachzeitschrift ausführlich und  
informativ über

- Vermessung
- Photogrammetrie
- Kulturtechnik
- Raumplanung
- Umweltschutz und
- Geo-Informationssysteme.

SIGWERB AG  
Dorfmattestrasse 26, 5612 Villmergen  
Telefon 056 / 619 52 52  
Telefax 056 / 619 52 50