

## **Airborne Laser Scanning zur Generierung Digitaler Geländemodelle**

Michael Loddenkemper, Jochen Petring, Ralf Schroth

### **1. Einleitung**

Airborne Laser Scanning ist ein flugzeuggestütztes Verfahren zur topographischen Geländeaufnahme. Der weitgehend automatisierte Meßablauf mit digitaler Datenaufzeichnung und anschließender Rechnergestützter Auswertung ermöglicht eine schnelle und kostengünstig Erfassung großer Gebiete mit hoher Punktdichte.

### **2. Verfahren**

Das Airborne Laser Scanning System (ALSS) ist ein aktiver Sensor, welcher die berührungslose Erfassung der Geländeoberfläche mit hoher Präzision erlaubt. Hansa Luftbild setzt in Kooperation mit der Firma TopScan das von der kanadischen Firma Optech entwickelte System ALTM 1020 (Airborne Laser Terrain Mapper) ein.

Der im Flugzeugboden eingebaute Laser Scanner sendet in regelmäßigen Abständen einen Laserstrahl aus, welcher vom Erdboden und darauf stehenden Objekten reflektiert wird. Die Zeitdifferenz zwischen Aussendung und Empfang der reflektierten Laserimpulse wird von der Empfangseinheit im Flugzeug gemessen. Ein vorgeschalteter, mit hoher Geschwindigkeit kippender bzw. rotierender Spiegel (Scanner) sorgt für die Ablenkung des Laserstrahls quer zur Flugrichtung. Aus der Kombination von Vorwärtsbewegung des Flugzeuges und dem Hin- und Herschwingen des Ablenkspiegels ergibt sich eine nahezu zickzackförmige Linie, auf der sich die Reflexionspunkte befinden. Mit dem ALTM 1020 kann mit einem Flugstreifen eine bis zu 700 m breite Fläche erfaßt werden.

Der Laser Scanner besitzt z.Zt. eine Datenrate von bis zu 5.000 Hz, eine Scanrate von bis zu 30 Hz und einen Scanwinkel bis  $\pm 20^\circ$ . Bei einer maximalen Flughöhe von 1.000 m über Grund lassen sich damit Punktdichten bis ca. 0,25 Punkte/ m<sup>2</sup> erzielen.

Ein Laserstrahl kann auf dem Weg zum Erdboden mehrmals auf andere Objekte, z.B. einzelne Blätter treffen und von dort reflektiert werden. Der ALTM 1020 Laser Scanner ist in der Lage, diese Mehrfachreflexionen zu unterscheiden. Der Aufzeichnungsmodus kann – je nach gewünschter Anwendung – auf die Erfassung der Bodenoberfläche (Aufzeichnung der letzten Reflexion) oder der tatsächlichen Oberfläche (Aufzeichnung der ersten Reflexion) eingestellt werden.

Nach dem Flug werden aus den Daten Lage und Höhe der gemessenen Geländepunkte berechnet. Die erreichbare Höhengenaugigkeit der Punkte liegt im Bereich von 1-2 dm. Diese hohe Genauigkeit beruht auch auf besonderen Algorithmen bei der GPS-Berechnung. Mit Hilfe spezieller Filteralgorithmen können mit großer Sicherheit fehlerhafte Punkte (z.B. Vegetationspunkte) eliminiert werden. Eine anschließende Verifizierung der gemessenen Punkte in Form von Plausibilitätsprüfungen und Verwendung von zusätzli-

chen Informationen, wie Lagedarstellungen aus topographischen Karten, erfolgt teils automatisch, teils interaktiv, um z.B. bei Bedarf Einflüsse der Bebauung zu eliminieren.

### 3 Ergebnisse

Vor der Einführung des ALSS in der praktischen Anwendung wurden eine Reihe von empirischen Tests durchgeführt. Neben den Untersuchungen universitärer Forschungseinrichtungen (LINDENBERGER (1991), ACKERMANN (1996)) haben mehrere kontrollierte Versuche von potentiellen Anwendern in unterschiedlichsten Reliefstrukturen stattgefunden (siehe WASHAUSEN (1996), HOSS (1997), KRAUS et al. (1997)). Dabei zeigten sich insbesondere in Waldgebieten signifikante wirtschaftliche Vorteile des ALSS im Vergleich zu konventionellen Verfahren wie Photogrammetrie oder terrestrische Tachymetrie. Je nach Hangneigung konnten an Hand terrestrischer Vergleichsmessungen Genauigkeiten von 3-8 dm im Misch- und Nadelwald erreicht werden. In offenen und ebenen Geländestrukturen, z.B. Sportflächen oder Straßenflächen, ergeben sich Genauigkeiten von bis zu unter 1 dm. Wichtig dabei ist, systematische Fehler, verursacht z.B. durch Systemkalibrierung oder Geoidundulation, zu eliminieren. Gleichfalls ist eine interaktive Datenbereinigung zur Unterstützung der automatischen Filterung unumgänglich. Eine Zusammenfassung der unterschiedlichen Ergebnisse ist in KOST et al. (1997), LODDENKEMPER (1997) und SCHROTH et al (1999) zu finden.

Airborne Laser Scanning hat sich in den letzten Jahren zu einem wirtschaftlichen Verfahren u.a. für die topographische Aufnahme zur DGM-Erstellung in Waldgebieten, Küsten- und Flußlandschaften entwickelt. Insgesamt wurden mehr als 35.000 km<sup>2</sup> beflogen.

### Literatur

- Ackermann, F. (1996): Verfahrenstechnische Grundlagen und Potential des Airborne Laser Scanning. Hansa Luftbild Symposium, Münster 1996.
- Hoss, H. (1997): Einsatz des Laserscanner-Verfahrens beim Aufbau des Digitalen Geländemodells (DGM) in Baden Württemberg. Zeitschrift Photogrammetrie, Fernerkundung, Geo-information, Heft 2/97, S. 131-142.
- Kraus, K., Hynst, E., Belada, P., Reiter, T. (1997): Topographische Daten in bewaldeten Gebieten – Ein Pilotprojekt mit Laser-Scanner-Daten. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Heft 3, 1997, S. 165-181.
- Kost, W., Loddenkemper, M., Petring, J. (1997): Airborne Laser Scanning – A New Remote Sensing Method for Mapping Terrain. Proceedings 3<sup>rd</sup> EARSel Workshop, Tallin 1997, S. 89-96.
- Loddenkemper, M. (1997): Airborne Laser Scanning aus der Sicht eines Datenproviders. In LIST, F.K. (Hrsg.), Publikation der DGPF, Band 5, Berlin 1997.
- Lindenberger, J. (1991): Methods Results of High Precision Airborne Laser Profiling. Veröffentlichungen der 43. Photogrammetrischen Woche, Stuttgart 1991, S. 83-92.
- Schroth, R., Loddenkemper, M., Petring, J. (1999): Airborne Laserscanning oder Photogrammetrie zur Generierung Digitaler Geländemodelle. VDI Berichte Nr. 1454, S. 257 - 276
- Washausen, M. (1996): Geplanter Einsatz des Laser Scanning Verfahrens beim Aufbau des niedersächsischen Digitalen Geländehöhen-Modells (DGM5). Hansa Luftbild Symposium, Münster 1996.