

Das Projekt LWN – einige Randnotizen !

Dr. R. Stengele
Swissphoto Group AG
8105 Regensdorf-Watt

Unter dem Projekttitel „LWN“ werden seit 2000 verschiedene geographische Basisdaten flächendeckend für die gesamte Schweiz generiert. Im wesentlichen sind dies

- ein Digitales Terrainmodell (DTM)
- ein Digitales Oberflächenmodell (DOM)
- Waldgrenzen, die aus DTM und DOM automatisch abgeleitet werden
- ein Digitales Orthophoto (SwissImage)

Die Swissphoto AG wurde vom Bundesamt für Landestopographie/swisstopo mit der Produktion dieser Produkte für die drei Realisierungseinheiten RE2-3-4 mit einer Fläche von $\approx 25'000$ km² beauftragt. Es ist selbstverständlich, dass bei der Abwicklung von Datenerfassungsprojekten in dieser Dimension eine Vielzahl von Problemen zu lösen sind, die im Vorfeld gar nicht bekannt sind. Vielleicht ist das gut so ! Ansonsten fiele eine Risikoanalyse zu negativ aus und man könnte als verantwortungsvoller Unternehmer solche Herausforderungen im Grunde genommen gar nicht annehmen ...

Ich möchte in der Folge einige Fakten diskutieren, die mir erwähnenswert erscheinen.

Das Hauptproblem: Der Terminplan !

Es ist hinlänglich bekannt, dass es in diesem Projekt zu Verzögerungen und Terminproblemen gekommen ist. Der Tiefpunkt war im Frühjahr 2002 erreicht, als wir nach 1,5 Jahren emsigen Arbeitens immer noch keine sichtbaren Ergebnisse (in Form von akzeptierten Produkten für einzelne LK25-Kartenblätter) vorweisen konnten. Wir haben uns damals zusammengerauft und gemeinsam mit dem Projektteam der V+D einen Weg skizziert, der das Projekt endlich auf Erfolgskurs brachte. Dieser Prozess war für beide Seiten nicht einfach, dafür umso lehrreicher. Es hat sich wieder einmal bestätigt, dass es in einer kritischen Situation die echte Bereitschaft und den eisernen Willen aller beteiligten Partner braucht, um eine nachhaltige Lösung zu finden. Starres Festhalten an vordefinierten Positionen ist definitiv keine Lösung.

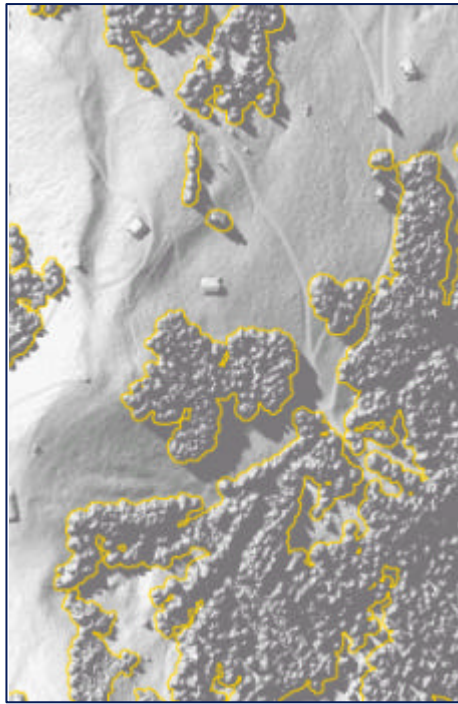
Im Herbst 2003 können wir mit Zufriedenheit feststellen, dass das Projekt auf Kurs ist: Der Abschluss von RE2 wird in wenigen Monaten erfolgen, in RE3 sind 50% der Produkte erstellt (aber noch nicht verifiziert) und in RE4 sind Befliegung und Rohdatenauswertung abgeschlossen.

Was ist ein DOM ?

Eine der nachhaltigsten Neuerungen in der Fernerkundung die durch Laserscanning ermöglicht wurde, ist die Tatsache, dass mit einer einzigen Befliegung und einem einzigen Sensor gleichzeitig Terrain- und Oberflächenmodelle erfasst werden können.

Wie ist das möglich ? Beim Auftreffen des Laserstrahls auf eine Oberfläche wird die elektromagnetische Strahlung von der Materie teilweise absorbiert und teilweise reflektiert. Je heller die Oberfläche, umso höher ist der Reflexionsgrad. Auf Schneeflächen wird z.B. 90% der auftretenden Energie reflektiert, auf dunklen Asphaltflächen maximal 20%. Bei einer Flughöhe von z.B. 1000 m deckt der emittierte Laserstrahl üblicherweise eine kreisrunde Fläche von 0.5 bis 1 m² ab. Trifft dieser Laserstrahl nun auf ein Hindernis, das kleiner ist als die abgedeckte Fläche (z.B. auf den Ast eines Baumes), wird nur derjenige Teil der Strahlung reflektiert, der effektiv auf das Hindernis auftrifft. Der Rest der Strahlung dringt ungehindert weiter bis zu einem nächsten Hindernis (ein tieferer Ast oder das Terrain) und wird dort mit einer Verzögerung von Sekundenbruchteilen reflektiert. Leistungsfähige Laserscanning-Systeme können bis zu 8 Returns pro Impuls registrieren. Damit ist es möglich, auch in Waldgebieten das gewachsene Terrain direkt aus der Luft zu messen. Gleichzeitig wird aber auch genügend Strahlung von den Baumwipfeln reflektiert, um die Oberfläche modellieren zu können. Gemäss LWN-Pflichtenheft sollte das DOM „die beständig sichtbare Oberfläche, also inklusive Vegetation (Wälder) sowie Bauten abbilden“.

Soweit so gut! Im Laufe des Projektes zeigte sich bald, dass diese Spezifikation unvollständig ist und einen breiten Interpretationsspielraum zulässt. Entsprechend intensiv waren die Diskussionen, bis klar war, wie vorzugehen ist z.B. bei Holzlagern, landwirtschaftlichen Zwischenlagern (Stroh, Rüben ...), Schutthalde, Kieshügeln, Baustelleneinrichtungen, Container, Gewächshäusern, Camping-



zelten, Festzelten, Jahrmärkten, Gartenmöblirung (Cheminées, Bänke, Tische), Masten, Hochspannungsleitungen, Fahrleitungen, Verkehrsbeschilderungen, Seilbahnen usw.

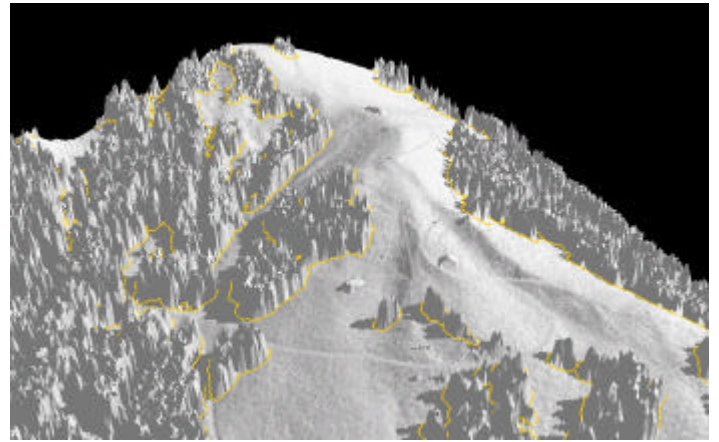


Abb. 1: Die Produkte DOM und DTM im direkten Vergleich

Die Qualität der Höhenmodelle

Punktdichte

In RE2 waren durchschnittliche Punktabstände von 1.6 m (im offenen Gelände) bzw. 2.7 m (im Wald) gefordert. In RE3 und RE4 wurden diese Anforderungen auf 1.5 m (im offenen Gelände) bzw. 2.5 m (im Wald) leicht verschärft. Der effektiv erreichte durchschnittliche Punktabstand über den gesamten RE2-Perimeter beträgt ca. 1.3 m und veranlasst die V+D zu folgender „offiziellen“ Qualitätsbeschreibung: „Im Normalfall ist die Punktdichte der Produkte DTM und DOM besser als 1 Pkt/2 m².“

Gewisse Einschränkungen müssen in Wald- und Siedlungsgebieten (durchschnittlich 1 Pkt/6 m²) gemacht werden. Auf Grund der unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der verschiedenen Oberflächenmaterialien beträgt die Vollständigkeit der erfassten Gebäude ca. 98%. Jeweils mindestens 300 DTM- und DOM-Punkte beschreiben dieselbe Fläche, die im DHM25 durch einen einzigen Punkt repräsentiert wird. Für die gesamte Schweiz ergibt sich ein Punktwolke von deutlich über 30 Milliarden Punkten.

Genauigkeit

Für DOM und DTM ist folgende Höhengenaugkeit vertraglich gefordert: „Die Höhengenaugkeit an einer beliebigen Stelle ist besser als $\pm 0.5 \text{ m}$ (1s).“ Bei vegetativer Bodenbedeckung werden für das DOM $\pm 1.5 \text{ m}$ gefordert. Umfangreiche und unabhängige Vergleichsmessungen von Auftragnehmer und Auftraggeber resultieren in der Feststellung, dass das DTM mit einer Genauigkeit von $\pm 0.30 \text{ m}$ erfasst wurde! Die „offizielle“ Qualitätsbeschreibung der V+D lautet dementsprechend:

„Das DTM erreicht im offenen Gebiet eine sehr gute Qualität. Die Höhengenaugkeit ist $< \pm 0.50 \text{ m}$ (1s).“

Da die eingesetzten Interpolations- und Ausdünnungsverfahren sehr ausgereift sind, darf davon ausgegangen werden, dass die abgeleiteten Produkte „DTM-2mGRID“ und „DTM_ausgedünnt“ das Terrain auch bei grösseren Punktabständen im Wald gut repräsentieren.

Das Höhenbezugssystem

Es liegt auf der Hand, dass bei der Erfassung von Höhenmodellen im Genauigkeitsbereich von $< 1 \text{ m}$ die Frage des Höhenbezugssystems geklärt werden muss. Im Jahr 2002 wurde beschlossen, dass für die Amtliche Vermessung am Gebrauchshöhennetz LN02 festgehalten und auf die Einführung des neuen orthometrischen Höhenbezugssystems LHN95 verzichtet wird. Bis zu diesem Zeitpunkt war unklar, in welchem Höhenbezugssystem die neuen Höhenmodelle generiert werden sollten. Im Hinblick auf eine breite Verwendung wurde schliesslich entschieden, die Produkte in beiden Höhenbezugssystemen (LN02 und LHN95) bereitzustellen.

Die Zunahme der Waldflächen und die permanente Verschiebung der Waldgrenzen

Die Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik (Abb. 2) weist aus, dass die bewaldete Fläche in der Schweiz alleine in den 12 Jahren von 1983 bis 1995 um 1.4% zunahm. Diese Zunahme der Waldfläche entspricht in et-wa der Fläche des Kantons Appenzell Innerrhoden ($\approx 180 \text{ km}^2$). Oder anders gesagt: In der Schweiz wächst der Wald jedes Jahr um 15 km^2 oder jeden Tag um sechs Fussballfelder oder jede Sekunde um 0.5 m^2 .

Heute bedeckt der Wald ungefähr 31% der Landesfläche. Angenommen, alle Waldflächen wären zu einer einzigen, kompakten, kreisförmigen Waldfläche zusammengefasst, ergäbe sich ein Kreis mit einem Radius von $\approx 63,6$ km. Auf Grund des natürlichen Wachstums würde sich dieser bewaldete Kreis jeden Tag um 10 cm (oder in 20 Tagen um 2m) ausbreiten!

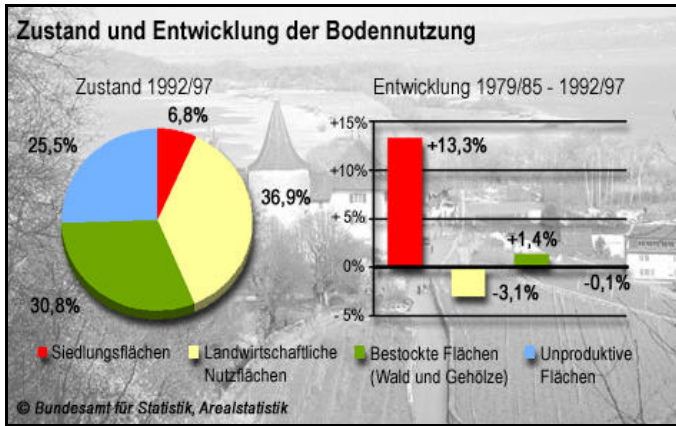


Abb. 2: Zustand und Entwicklung der Bodennutzung in der Schweiz 1983 - 1995

Im Rahmen des Projektes LWN mussten unterschiedliche Waldabgrenzungsdefinitionen in der forstlichen Gesetzgebung sowie in der Begriffsverordnung für die Landwirtschaft geklärt werden. In der praktischen Anwendung gilt für das Projekt LWN als Waldabgrenzung „die generalisierte Linie ein wenig ausserhalb der Kronenmitte der äussersten Bäume“.

Diese Linie sollte aus den neu erfassten Oberflächen- und Terrainmodellen mit einem automatischen Verfahren und einer Lagegenauigkeit von 2m (1σ) vektorisiert werden. Trotz geometrischen Zusatzbedingungen (Baumhöhen > 3m, minimale Waldfläche = 100 m², minimale Waldbreite = 10m) ist das Dilemma für die Datenerfassung offensichtlich: Wie kann ein Automatismus algorithmisch präzise formuliert werden, wenn die Liniendefinition ausschliesslich verbal und zudem in einer wenig präzisen Form vorliegt? Da sich die Waldgrenzen signifikant verschieben (siehe oben) stellt sich die grundsätzliche Frage nach der zeitlichen Referenz und Aktualität der erfassten Daten. Es ist offensichtlich, dass der Nachführung eine hohe Bedeutung zukommt.

Der Hintergrund des Projektes „LWN“: Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Die Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik (Abb. 2) zeigt für die Periode 1983 - 1995 einen Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche um 3.1%. In der Schweiz werden die Bauern für die Bewirtschaftung des Kulturlandes entschädigt. Der Bundesrat hat 1999 beschlossen, diese Direktzahlungen in einer volkswirtschaftlich signifikanten Grössenordnung auf eine aktuelle und einheitliche Datenbasis abzustützen.

Da im Rahmen der Amtlichen Vermessung die Bodenbedeckung und somit auch die relevanten Landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht systematisch nachgeführt wurden, basieren die Direktzahlungen teilweise auf Flächenangaben, die auf über 100 Jahre alte Vermessungswerke zurückgehen. Pilotprojekte im Kanton Bern zeigen, dass die landwirtschaftlich genutzte Fläche teilweise wesentlich kleiner ist, als im Grundbuch angenommen (vgl. Abb. 3).



Abb. 3: Alte und neue Bodenbedeckung
Ausschnitt aus der Gemeinde Eriswil
weiss gestrichelt = Abgrenzung von 1880
gelb = aktualisierte Bodenbedeckung
Quelle: Aström H., VPK 6/2002, p. 377