

DOM/10 und DOM/2.5 – Digitale Oberflächenmodelle durch Bildkorrelation

Thomas Kersten, Willie O'Sullivan, Marc Zanini
Swissphoto AG, Dorfstr. 53, CH - 8105 Regensdorf-Watt
e-mail: [thomas.kersten, willie.osullivan, marc.zanini]@swissphoto.ch
<http://www.swissphoto.ch/>

ZUSAMMENFASSUNG

Für die Sender- und Funknetzplanung bilden heute flächendeckende digitale Oberflächenmodelle die Grundlage bei der Netzplanung und Funkausbreitungssimulation. Dafür hat die Swissphoto AG im Jahr 1999 flächendeckend für die ganze Schweiz ein digitales Oberflächenmodell mit einer Rasterweite von 10 m durch digitale Bildkorrelation erstellt. Zusätzlich wurde im Jahr 2000 in den grössten Städten der Schweiz ein Oberflächenmodell mit einer Gitterweite von 2.5m generiert, um höheren Anforderungen bei der Netzplanung in urbanen Gebieten gerecht zu werden. Die Grundlagedaten für die Generierung der Oberflächenmodelle bildeten die digitalen Luftbilder des Projektes Swissphoto aus den Jahren 1995/96. Die technischen Spezifikationen und die Produktion der beiden Oberflächenmodelle DOM/10 und DOM/2.5 werden in diesem Artikel beschrieben. Untersuchungen haben gezeigt, dass das DOM/10 im Mittelland ca. 2m und in den Alpen ca. 4m genau ist. Das DOM/2.5 weist dagegen eine Genauigkeit von ca. 1m auf.

1. Einleitung

Durch den boomenden Kommunikationsmarkt entstehen überall im Land neue Funkanlagen, sei es für GSM, Polizeifunk, Bündelfunk, TV- oder UKW-Rundfunk. Dazu kommen demnächst weitere Netze für das weltweite Mobiltelefonsystem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) und den drahtlosen Hausanschluss (Wireless Local Loop), für die erst vor kurzem Lizenzen in der Schweiz vergeben wurden. Nur eine optimale Planung garantiert einen effizienten und raschen Aufbau eines Versorgungsnetzes und eine gute Qualität der Empfangsergebnisse. Um die geländebedingte Beeinflussung der elektromagnetischen Funkwellen und deren Auswirkungen auf die Funkübertragung präzise vorhersagen zu können, fliessen bei den Ausbreitungsberechnungen die Geländedaten in digitaler Form ein. Daher gewinnen die Geländedaten wie digitale Oberflächenmodelle und digitale Flächennutzungsklassifizierungen zunehmend an Bedeutung bei den Funknetzplanern. Unter Oberflächenmodelle versteht man im Gegensatz zu Gelände- oder Terrainmodellen die vollständige 3-D Beschreibung der Erdoberfläche inklusive des Bewuchses (Wald, Hecken, etc.) und der künstlichen Bauten (Häuser, Brücken, Dämme, etc.) meist in Form von sogenannten Punktrastern.

Heute werden digitale Oberflächenmodelle durch Abtasten der Erdoberfläche mit verschiedenen Sensoren wie z.B. Mikrowellen (Radar) und Laser-Scanning sowie durch automatische Bildkorrelation in digitalen Luftbildern erzeugt. In diesem Artikel wird die Erstellung eines flächendeckenden digitalen Oberflächenmodell im 10m Raster für die ganze Schweiz und eines Oberflächenmodell mit einer Rasterweite von 2.5m für die grössten Städte der Schweiz durch digitale Bildkorrelation aus Luftbildern des Projektes Swissphoto 1995/96 vorgestellt.

Die Generierung von Oberflächenmodellen in städtischen Gebieten durch digitale Bildkorrelation wird bereits erfolgreich eingesetzt. Die Firma ISTAR aus Nizza erstellt in Zusammenarbeit mit der DLR (Deutsche Luft- und Raumfahrt Agentur) digitale Oberflächenmodelle grosser europäischer Städte. Dazu werden die Luftbilder digital mit der HRSC-A (High Resolution Stereo Camera) der DLR aufgenommen, die Oberflächenmodelle durch Bildkorrelation automatisch als 1m Raster generiert und anschliessend editiert (Renouard und Lehmann, 1999). Beim IGN (Institut Geographique National) in Paris befasst sich eine Forschungsgruppe, um mit adaptiven Matching-Strategien (Cord et al., 1998) oder durch aufeinanderfolgende komplementäre Matching-Prozesse basierend auf dynamischer Programmierung (Baillard and Dissard, 2000) genaue Oberflächenmodelle für urbane Gebiete zu generieren.

2. Ausgangsdaten

Für die Erstellung flächendeckender digitaler Orthophotos wurden 1995/96 im Rahmen des Projektes Swissphoto über die ganze Schweiz farbige Luftbilder in den Bildmassstäben 1: 22'000 bis 1: 55'000 aufgenommen. Die Befliegung der Schweiz und das Projekt Swissphoto sind in Kersten (1996) beschrieben. Die Generierung der flächendeckenden Orthophotos mit einer Auflösung von 75cm erfolgte durch die Swissphoto AG in dem Zeitraum von 1995-1998 (Kersten et al., 1999). Dazu wurden die farbigen Luftbilder mit einer Auflösung von 25 µm (1016 dpi) mit der digitalen Scanning Arbeitsstation DSW200 von LH Systems im RGB-Modus gescannt. Die Orientierungen der Luftbilder wurden durch digitale Aerotriangulation bestimmt (Kersten, 1999). Als Ausgangsdaten für die Erstellung der digitalen Oberflächenmodelle dienten die digitalen Luftbilder vom Projekt Swissphoto und deren Orientierungselemente. Für die Bildkorrelation wurden die schwarz-weiss Bilder verwendet, die mit ca. 80 MByte nur ein Drittel der Originaldatenmenge hatten.

3. Eingesetzte photogrammetrische Systeme

Die Generierung der digitalen Oberflächenmodelle erfolgte mit drei photogrammetrischen Arbeitsstationen DPW770 von LH Systems. Die Hardware der DPWs bestand für die Erstellung des DOM/10 aus 2 SUN Workstations Ultra 1 (200 Mhz) und 1 Ultra 2 (167 MHz), während für die Erstellung des DOM/2.5 zeitweise schon die leistungstärkeren Ultra 60 (300 Mhz) eingesetzt werden konnten. Für die digitale Bildkorrelation der Oberflächenmodelle wurden das Modul ATE (Automatic Terrain Extraction) des Softwarepaketes SOCET SET (Softcopy Exploitation Tools) verwendet, während für die Editierung der Daten das Modul ITE (Interactive Terrain Edit) benutzt wurde. Das DOM/10 wurde mit dem Softwarerelease 4.1.10 erstellt, während das DOM/2.5 mit der für das Editieren der Daten erheblich verbesserten Version 4.2. erzeugt wurde. In der Abb. 1 ist eine photogrammetrische Arbeitsstation DPW770 dargestellt.



Abb. 1: Digitale photogrammetrische Arbeitsstation DPW770 (links Extraction-Monitor für die Editierung im Stereomodell, rechts Console-Monitor für die graphische Benutzeroberfläche)

4. Automatische digitale Bildkorrelation und Editierung

Die digitalen Oberflächenmodelle DOM/10 und DOM/2.5 wurden durch automatische Bildkorrelation in einem regelmässigen Gitter (Punktabstand 10m bzw. 2.5m) mit der Software ATE generiert. Die Korrelation erfolgte dabei über eine Fläche, die durch bis zu neun digitale Luftbilder (6-7 Stereobildpaare) aus meistens 2-3 Fluglinien abgedeckt wurde. Die Software ATE bestimmt die Höhen durch Messung der X-Parallaxe in digitalen Luftbildern, die „on-the-fly“ epipolar entzerrt wurden. Die Messungen erfolgten mit ATE iterativ über die acht Stufen der Bildpyramide, in

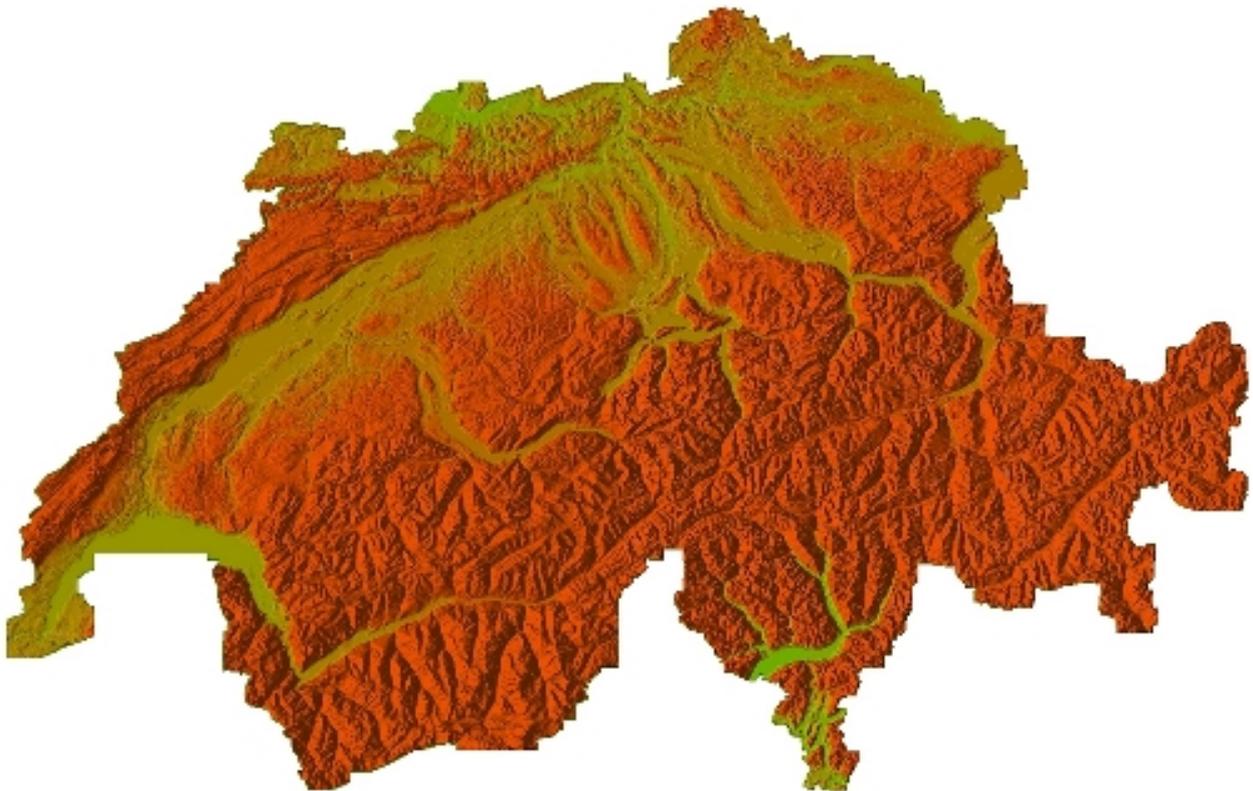


Abb. 2: *Shaded Relief* des digitalen Oberflächenmodell DOM/10 vom Gebiet der Schweiz
(© ComSite Engineering AG/SEL Verteidigungssysteme GmbH)



Abb. 3: *Shaded Relief* des digitalen Oberflächenmodell DOM/10 vom LK25 Blatt 1168 Langnau i.E.

dem der Algorithmus in der kleinsten Bildpyramidenstufe (1:128) mit einer dünnen Punktdichte startet, die mit jeder höheren Bildpyramidenstufe bis zum Level 1:1 verdichtet wurde. Ausserdem wurde für die Korrelation die adaptive Strategie gewählt, bei der die Korrelationsparameter sich nach jeder Bildpyramidenstufe der vorherrschenden Topographie anpassen. Bevor der Korrelationsprozess für ein festgelegtes Teilgebiet gestartet wurde, musste man zuerst je Gebiet ein Eingabefile erstellen, in dem der Perimeter der Fläche als Polygon, die Gitterweite, die zu verwendenden Bilder und das Ausgabefile und -format festgelegt wurden. Die Messungen erfolgten dann für mehrere Eingabefiles hintereinander als Batch-Prozess über Nacht oder über das Wochenende, um die Arbeiten an den Arbeitsstationen nicht während der regulären Arbeitszeit durch rechenintensive Prozesse zu belasten. Das durch Korrelation erstellte Oberflächenmodell wurde anschliessend als Rohdatensatz am Extraction-Monitor der digitalen Station im orientierten Stereomodell durch den Operateur editiert. Während des Editiervorganges wurden die Höhenlinien mit einer Äquidistanz von 10m bzw. 2.5m im digitalen Stereobildpaar eingespiegelt und der Operateur konnte Korrekturen durch Messungen mit dem Area/Geomorphic Editor direkt anbringen, die on-line gerechnet und visualisiert wurden. Als Kontrolle diente zusätzlich ein gerechnetes Shaded Relief, das auf dem Console-Monitor dargestellt und periodisch je nach Editierstand aktualisiert wurde. Nach Beendigung der Editierarbeiten wurden die einzelnen DOM-Files zu grösseren Files zusammenkopiert, wobei anschliessend speziell die Überlappungsgebiete nochmals kontrolliert und ggf. editiert wurden. Abschliessend wurden die Daten in dem Kachelsystem der Landeskarte 1: 25'000 (LK25) als ASCII-Datei exportiert.

5. Digitales Oberflächenmodell DOM/10

Das digitale Oberflächenmodell DOM/10 wurde flächendeckend über die ganze Schweiz im Zeitraum von Januar bis Ende August 1999 bei der Swissphoto AG erstellt. Abb. 2 zeigt ein farbkodiertes Schattenrelief des Oberflächenmodells DOM/10 von der ganzen Schweiz, während in Abb. 3 ein Shaded Relief vom LK25 Blatt 1168 Langnau i.E. dargestellt ist. Das Shaded Relief in Abb. 3 zeigt deutlich die Waldstrukturen, die ein wichtiges Kriterium für das Produkt DOM/10 darstellen. Daher wurde bei der Editierung besonderen Wert auf die korrekte Repräsentation des Waldes gelegt. Dagegen wurden in den urbanen Gebieten die Häuser und sonstige künstlichen Bauten durch Editierung eliminiert, so dass das DOM/10 kein vollständiges Oberflächenmodell darstellt. Das DOM/10 ist als Kachel im Blattkartenschnitt der LK25 gespeichert und auf CD-ROM erhältlich. Die Datenmenge pro Kachel ist abhängig vom Fileformat (XYZ, MLT, DXF, ArcInfo Grid) und variiert zwischen 16 und 55 MByte. Die Qualität des DOM/10 wurde laufend visuell durch den Operateur bei der Editierung überprüft. Grobe Fehler wurden bereits am Anfang der Editierarbeiten im Shaded Relief deutlich sichtbar. Eine unabhängige und geometrische Kontrolle des DOM/10 stellt der Vergleich mit Kontrollpunkten dar. In Tabelle 1 sind die geometrischen Qualitätskontrollen von sechs exemplarisch ausgewählten Untersuchungsgebieten (neun Kacheln) zusammengefasst. Die ausgewählten Untersuchungsgebiete sollen die vielfältige Terraincharakteristik der Schweiz vom städtischen Gebiet (Basel), über Mittelland (Langnau i.E., La Cote-aux-Fées NE, Linth SG) bis alpines Terrain (Gurtellen UR, Vals GR) repräsentieren. In dieser Genauigkeitsuntersuchung wurden die Höhen von Triangulationspunkten (Langnau

Gebiet	LK25 Blatt	Höhe [m]	n	Δh^1 [m]	$ \Delta h $ [m]	SD [m]	Min [m]	Max [m]
Langnau i.E. ²	1168		89	0.11	1.23	1.60	-4.59	4.00
Basel	1067/1068	270-710	108	-0.74	1.11	1.43	-3.66	4.64
La Cote-aux-Fées NE	1182	810-1510	69	-1.07	1.40	1.53	-4.92	2.03
Gurtellen UR	1211/1212	670-2070	98	0.97	3.25	4.04	-6.16	10.35
Linth SG	1133/1134	405-1640	65	0.43	1.47	2.03	-3.84	7.80
Vals GR	1234	1180-2050	86	-1.46	2.94	3.18	-7.00	8.22
n..... Anzahl Kontrollpunkte		Δh Mittelwert Höhenunterschiede		$ \Delta h $ Betrag Mittelwert Δh				
SD..... Standardabweichung		Min..... Minimalwert		Max..... Maximalwert				
¹ Referenzwerte – Werte aus Bildkorrelation bezogen auf das Terrain								
² Ergebnis stammt von Untersuchungen der Universität Zürich (Geographisches Institut, RSL, Dr. Erich Meier)								

Tabelle 1: Ergebnisse der Qualitätskontrolle DOM/10

i.E.), mit GPS bestimmte Höhen (Basel) und in fünf Gebieten die Höhen von Aerotriangulationspunkten (65-98 Punkte je Gebiet), die manuell am analytischen bzw. digitalen Plotter gemessen wurden und eine geschätzte Genauigkeit von besser als 0.5m aufweisen, mit den Höhen vom DOM/10 verglichen. Dazu wurden die Punkte in das DOM/10 so gerechnet, dass die Höhen an den entsprechenden Lagekoordinaten interpoliert wurden. Als Ergebnis lässt sich zusammenfassen, dass die Standardabweichungen der Höhenunterschiede für urbane Gebiete und Mittelland bei 1.5-2.0m liegen, während sie für alpines Gebiet Werte von 3.0-4.0m aufweisen. Die maximalen detektierten Höhenunterschiede betragen im städtischen Gebiet/Mittelland ca. 5m, doch in den gebirgigen Gegenden können sie auch bis zu 10m und mehr erreichen.

6. Digitales Oberflächenmodell DOM/2.5

Das digitale Oberflächenmodell DOM/2.5 wurde für die Städte Basel, Bern, Biel, Genf, Lausanne, Luzern, Zug und Zürich im Zeitraum von Januar bis August 2000 bei der Swissphoto AG erstellt. Im Gegensatz zum DOM/10 liegt beim DOM/2.5 die Bedeutung auf die künstlichen Bauten und Gebäude. Daher war beim DOM/2.5 der Editieraufwand auch erheblich höher. Der Unterschied zwischen einem nicht-editiertem (rohem) und einem editierten Oberflächenmodell DOM/2.5 ist in Abb. 4 am Beispiel der Stadt Biel (Fläche 5km x 5km) dargestellt. Das linke Bild der Abb. 4 zeigt den Rohdatensatz der automatischen Bildkorrelation, während in der rechten Abbildung die klaren Strukturen der Stadt erst nach intensiver Editierarbeit erkennbar sind. Die Seefläche wurde mit dem Flächen-Editor und die übrige Fläche mit dem geomorphologischen Editor bearbeitet. Generell wurde in den urbanen Gebieten durch Editierung zuerst ein Terrainmodell erzeugt, in dem anschliessend die Gebäude durch Messungen von Bruchkanten hinzugefügt wurden. Die detaillierten Strukturen der Gebäude wurden dabei nicht gemessen, so dass jedes Gebäude als genähertes Bauklötzchenmodell dargestellt wird. Die Strukturen der Gebäude sind in Abb. 5 an dem Beispiel der Stadt



Abb. 4: Digitales Oberflächenmodell DOM/2.5 der Stadt Biel (links nicht editiert, rechts editiert)

Gebiet	Kacheln	Höhe [m]	n	Δh^1 [m]	$ \Delta h $ [m]	SD [m]	Min [m]	Max [m]
Zürich	10	395-880	477	-0.03	0.76	0.98	-2.65	2.81
Zug	4	415-530	264	-0.17	0.83	1.00	-2.69	2.28
n..... Anzahl Kontrollpunkte		Δh Mittelwert Höhenunterschiede		$ \Delta h $ Betrag Mittelwert Δh				
RMS.... Standardabweichung		Min..... Minimalwert		Max..... Maximalwert				
¹ Referenzwerte – Werte aus Bildkorrelation bezogen auf das Terrain								

Tabelle 2: Ergebnisse der Qualitätskontrolle DOM/2.5

Zürich in zwei perspektivischen Ansichten illustriert. Das DOM/2.5 ist ebenfalls als Kachel mit einer Fläche von 4km x 3.75km gespeichert und auf CD-ROM erhältlich. Diese Kachelgröße entspricht einem 1/16 Kartenblatt der LK 1: 25'000. Eine einzelne Kachel weist eine Datenmenge von ca. 16 MByte für ArcInfo Grid bzw. ca. 70 MByte für ASCII XYZ auf. Abb. 6 zeigt die komplette Kachel 1091_41 (Zürich) als Shaded Relief. Während in Abb. 7 ausgewählte Kacheln der Städte Basel, Bern, Genf (oben), Lausanne, Luzern und Zug (unten) darstellen. Die Qualität des DOM/2.5 wurde auch hier während der Editierung visuell durch den Operateur überprüft. Zusätzlich konnte nachträglich die Vollständigkeit stichprobenartig durch Überlagerung der Höhenlinien (Äquidistanz 2.5m) auf das digitale Orthophoto Swissphoto (Auflösung 75cm) kontrolliert werden (siehe Abb. 8).

Ähnlich wie beim DOM/10 wurde die geometrische Qualität des DOM/2.5 durch Vergleich mit Kontrollpunkten beurteilt. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse dieser Qualitätskontrollen von zwei ausgewählten Untersuchungsgebieten (10 Kacheln von Zürich, Blatt 1091 und 4 Kacheln von Zug, Blatt 1131) zusammengefasst. Als Kontrollpunkte (447 für Zürich und 264 für Zug) wurden wie beim DOM/10 Punkte aus der Aerotriangulation (geschätzte Genauigkeit ca. 30cm) verwendet, die eindeutig auf dem Terrain lagen. Die Standardabweichungen der Höhenunterschiede liegen bei beiden Untersuchungsgebieten bei 1m, wobei die maximalen Abweichungen knapp 3m betragen. Da die Dachstrukturen der Gebäude nicht detailliert erfasst wurden, kann man die Genauigkeit der Dächer mit ca. 1-3m abschätzen. Umfangreichere Untersuchungen wurden jedoch dazu noch nicht durchgeführt.

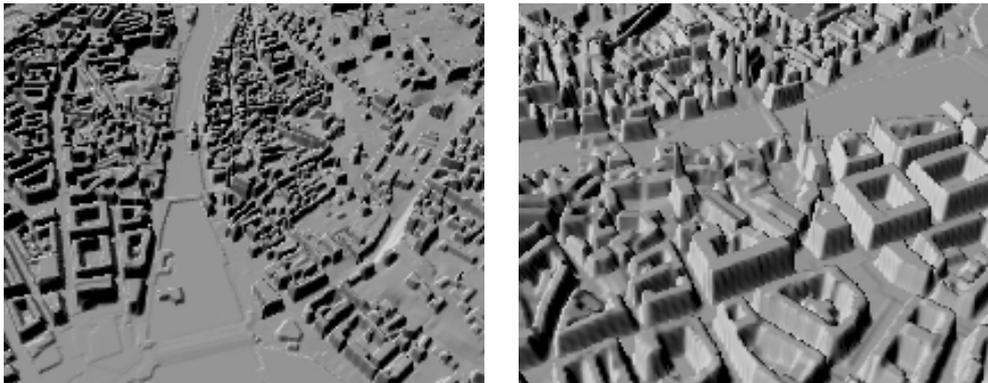


Abb 5: Perspektivische Ansichten vom DOM/2.5 der Stadt Zürich



Abb 6: Digitales Oberflächenmodell DOM/2.5 der Stadt Zürich als Shaded Relief (Blatt 1091_41)

Inhalt/Produkt	DOM/10	DOM/2.5
Terrain	ja	ja
Wald	ja	ja
Einzelbäume	nein	nein
Büsche/Hecken	nein	nein
Häuser	nein	ja
Brücken	nein	nein

Tabelle 3: Inhalt DOM/10 und DOM/2.5

7. Anwendungen

Durch den boomenden Kommunikationsmarkt besteht auch eine zunehmende Nachfrage nach flächendeckenden digitalen Geodaten. Mit dem Oberflächenmodell DOM/10 liegt seit August 1999 neben dem digitalen Orthophoto in Farbe (Swissphoto DOP75) nun auch ein flächendeckendes Höhenmodell der Oberfläche über die ganze Schweiz vor. Das DOM/10 unterscheidet sich zum bereits existierenden DHM25 der Landestopographie hinsichtlich der Maschenweite (10m statt 25m) und in der Repräsentation des Waldes. Als ergänzendes Produkt ist für die Städte seit August 2000 das digitale Oberflächenmodell DOM/2.5 von den Städten Basel, Bern, Biel, Genf, Lausanne, Luzern, Zug und Zürich bei der Swissphoto AG erhältlich. In Tab. 3 sind die Inhalte der beiden Produkte DOM/10 und DOM/2.5 zusammengefasst.

Für folgende Anwendungen stellen die Oberflächenmodelle eine geeignete Datengrundlage dar:

- (1) Die Genauigkeit der Ausbreitungsberechnungen können in der Sender- und Funknetzplanung durch 3-D Simulation geländebedingter Beeinflussung elektromagnetischer Wellen und deren Auswirkung auf die Funkübertragung durch genaue Oberflächenmodelle verbessert werden. Matter et al. (2000) stellen mit dem Softwaresystem KESS (Kommunikations-, Erfassungs- und Störsimulation) ein modulares Softwarekonzept mit einer objektorientierten Datenbank vor, dass universell in der Planung von digitalen Funksystemen sowie von Funk- und Richtfunknetzen einsetzbar ist.
- (2) Durch Überlagerung von digitalen Orthophotos auf die Oberflächenmodelle können heute Landschaften (u.a. für Navigation, Simulationen, etc.) in 3-D und in Echtzeit visualisiert werden. (Beck und Busch, 2000).
- (3) Zusätzlich können aus dem DOM/10 und DOM/2.5 in Kombination mit den digitalen Orthophotos die verschiedenen Nutzungsklassen durch automatisierte Verfahren in einer Gitterweite von 10m und besser bestimmt werden.

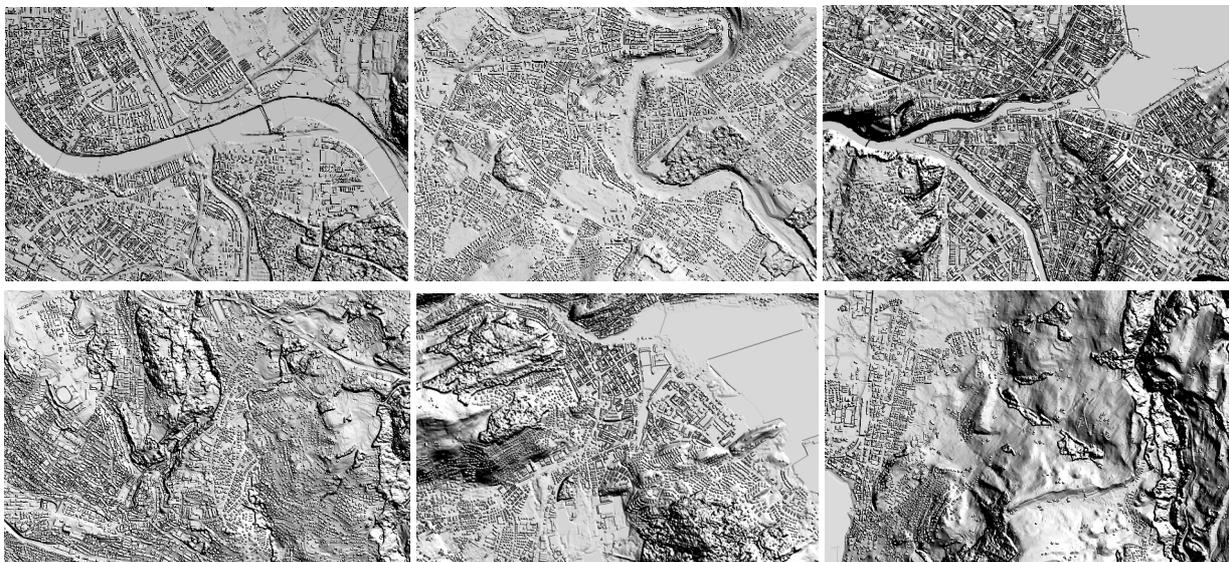


Abb. 7: Kacheln DOM/2.5 (Shaded Relief) von Basel, Bern, Genf (oben), Lausanne, Luzern und Zug (unten)



Abb 8: Qualitätskontrolle DOM/2.5: Überlagerung der Höhenlinien im Swissphoto-Orthophoto

8. Schlussfolgerung und Ausblick

Aus den existierenden digitalen Swissphoto Luftbildern 1995/1996 konnte effizient und in kurzer Zeit flächendeckend über die ganze Schweiz ein digitales Oberflächenmodell im 10m Punktraster und für acht Städte in der Schweiz ein digitales Oberflächenmodell im 2.5m Punktraster bei der Swissphoto AG durch digitale Bildkorrelation erstellt werden. Die Erfahrungen in der Datenproduktion haben gezeigt, dass die rohen Korrelationsergebnisse noch intensiv editiert werden müssen, damit sie einen Qualitätsstandard erreichen, der u.a. die Sender- und Funknetzplanung zufrieden stellt. Das Haupteinsatzgebiet für diese Daten ist der Telekommunikationsmarkt.

Durch moderne Messverfahren wie Laserscanning oder interferometrisches synthetisches Radar können solche Daten heute auch direkt erfasst werden. Besonders mit dem Laserscanning können durch die hohe Punktdichte auch detaillierte Dachstrukturen erfasst werden, die momentan aber von den Netzplanern nicht unbedingt gefordert werden. Aus heutiger Sicht sind diese Swissphoto-Oberflächenmodelle, die aus bereits verfügbaren Bildmaterial generiert wurden, kostengünstiger als Befliegungen mit Laser oder Radar. Als weitere Vorteile zeichnen sich die geringen und einfach zu handhabenden Datenmengen aus sowie die Tatsache, dass die Daten sofort geliefert werden können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Effizienz solcher Daten aus Bildkorrelation ist die Nachführung. Während die direkten Messverfahren wie Laser und Radar punktuelle oder komplette Neubefliegungen durchführen müssen, können die Luftbilder u.a. aus den periodischen Befliegungen der Landestopographie für die Nachführung durch Bildkorrelation verwendet werden. Dabei kann durch Differenzbildung zwischen existierendem und neu korreliertem DOM der Operateur automatisch an die veränderten Stellen geführt werden, bei denen eine exakte Editierung und Nachführung erfolgen soll. Eine Integration von neuen Gebäuden aus CAD-Daten ist auch leicht durchzuführen. Dennoch muss abgewartet werden, ob nicht in Zukunft die Gebäude in den Städten in Form von Vektordaten als sogenannte Cyber Cities (siehe Abb. 9), wie in Grün et al. (1999) und Kersten und Cuche (1999) beschrieben, erfasst werden.

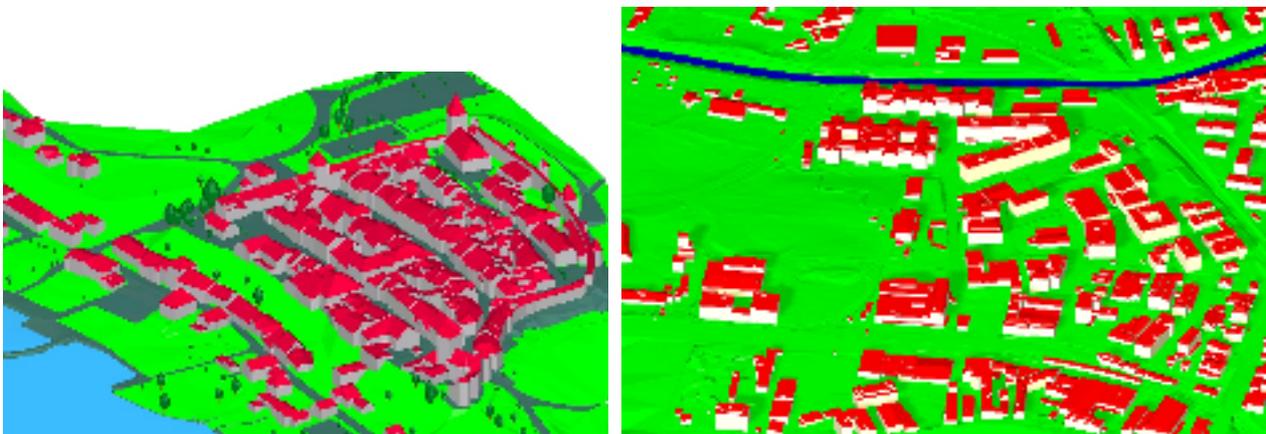


Abb 9: 3-D Stadtmodell von Murten (links) und Zürich-Glattbrugg (rechts) als Cyber City Modell

Literatur

- Baillard, C., Dissard, O., 2000.** A Stereo Matching Algorithm for Urban Digital Elevation Models. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, No. 9, pp. 1119-1128.
- Beck, M., Busch, H., 2000.** Interaktive 3D-Visualisierungen am Beispiel von Virtual Reality basierten GIS Systemen , Fribourg, GIS/SIT, pp. 15.1-15.13.
- Cord, M., Paparoditis, N., Jordan, M., 1998.** Dense, reliable, and depth discontinuity preserving DEM computation from H.R.V. urban stereopairs. Proceedings of the ISPRS Commission II Symposium, Cambridge, UK, July 13-18, Vol. 32, Part 2, pp. 49-56.
- Grün, A., Steidler, F., Wang, X., 1999.** CyberCity Modeler – Ein System zur halbautomatischen Generierung von 3-D Stadtmodellen. VPK - Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Nr. 9, pp. 457-460.
- Kersten, Th., 1996.** Das Projekt *swissphoto* - Flächendeckende und aktuelle Geodaten als Grundlage für viele GIS-Anwendungen in der Schweiz. Zeitschrift GEO-INFORMATION-SYSTEME, Nr. 6, pp. 12-19.
- Kersten, Th., 1999.** Digitale Aerotriangulation über die ganze Schweiz. VPK - Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Nr. 9, pp. 473-478.
- Kersten, Th., Cuche, L., 1999.** Auf dem Weg zur virtuellen Stadt (Cyber City) - Photogrammetrische Datenerfassung für 3-D Stadtmodelle. Workshop „Erfassen, Verwalten und Visualisieren von 3-D Stadtmodellen“, ETH Zürich, 9. Februar.
- Kersten, Th., O’Sullivan, W., Chuat, N., 1999.** Swissphoto’s Automated Digital Photogrammetric Production Environment. Proceedings of the OEEPE Workshop on Automation in Digital Photogrammetric Production, Marne la Vallée, June 22-24, OEEPE Official Publication No. 37, pp. 375-387.
- Matter, P., Roth, D., Hollmann, D., 2000.** Sender- und Funknetzplanung mit 3D-Computersimulation. Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV/VSE), Nr. 3, pp. 7-14.
- Renouard, L., Lehmann, F., 1999.** High Resolution Digital Surface Models and Orthoimages for Telecom Network Planning. Photogrammetric Week '99, Eds. Fritsch/Spiller, Wichmann Verlag, Karlsruhe, pp. 241-246.

Weitere Informationen:

Swissphoto AG, Dorfstr. 53, CH - 8105 Regensdorf-Watt
Tel. +41 1 871 22 22, e-mail: info@swissphoto.ch
<http://www.swissphoto.ch/>