

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	99 (2001)
Heft:	2
Artikel:	Digitale Oberflächenmodelle durch Bildkorrelation : DOM/10 und DOM/2.5
Autor:	Kersten, Thomas / O'Sullivan, Willie / Zanini, Marc
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-235730

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Digitale Oberflächenmodelle durch Bildkorrelation

DOM/10 und DOM/2.5

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 2.5 m generiert, um höheren Anforderungen bei der Netzplanung in urbanen Gebieten gerecht zu werden. Die Grundlagen 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. 2 m und in den Alpen ca. 4 m genau ist. Das DOM/2.5 weist dagegen eine Genauigkeit von ca. 1 m auf.

Pour la planification des émetteurs et des réseaux radio, les modèles numériques de terrain couvrant toute la superficie constituent aujourd'hui la base lors de la planification d'un réseau et de la simulation de la propagation des ondes. A cet effet, Swissphoto AG a établi, en 1999, un modèle numérique de terrain couvrant l'ensemble de la Suisse et ceci avec un distance raster de 10 m au moyen d'une corrélation d'images numériques. En plus, en 2000, un modèle numérique de terrain avec une distance raster de 2,5 m a été généré pour les plus grandes villes de Suisse afin de satisfaire aux hautes exigences posées dans le cadre de la planification de réseaux dans les régions urbaines. Les images aériennes numériques du projet Swissphoto datant des années 1995/1996 ont constitué les données de base pour la génération des modèles numériques de terrain. Les spécifications techniques et la production des deux modèles numériques de terrain MNT/10 et MNT/2,5 sont décrites dans cet article. Des analyses ont montré que le MNT/10 atteint une précision d'environ 2 m sur le Plateau Suisse et d'environ 4 m dans les Alpes. Par contre, le MNT/2,5 a une précision d'environ 1 m.

Oggi nella progettazione di reti radio ed emittenti, i modelli digitali della superficie costituiscono la base per la pianificazione della rete e la simulazione della radiopropagazione. Nel 1999 la Swissphoto SA ha allestito per tutta la Svizzera – tramite correlazione digitale dell'immagine – un modello digitale della superficie con una larghezza raster di 10 m. Inoltre, nel 2000 per le principali città svizzere si è generato un modello di superficie con una larghezza del reticolo di 2,5 m, nell'intento di soddisfare le esigenze di pianificazione della rete nelle zone urbane. I dati base per la generazione dei modelli di superficie sono stati attinti dalle immagini aeree digitali del progetto Swissphoto degli anni 1995/96. L'articolo seguente descrive le specifiche tecniche e la produzione dei due modelli di superficie DOM/10 e DOM/2.5. Dalle ricerche è risultato che DOM/10 si avvicina nell'Altipiano a una precisione di ca. 2 m e nelle Alpi a 4 m. Per contro, DOM/2.5 raggiunge all'incirca la precisione di 1 m.

Th. Kersten, W. O'Sullivan, M. Zanini

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 Mobilfunksystem 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 Oberflächenmodellen versteht man im Gegensatz zu Gelände- oder Terrainmodellen die vollständige 3D-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 Oberflächenmodells im 10 m Raster für die ganze Schweiz und eines Oberflächenmodells mit einer Rasterweite von 2.5 m 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 digita-

Die 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 1 m Raster generiert und anschliessend editiert (Renouard und Lehmann, 1999). Beim IGN (Institut Géographique 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 75 cm 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 DPW 770 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 leistungsstärkeren 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



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

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.

4. Automatische digitale Bildkorrelation und Editierung

Die digitalen Oberflächenmodelle DOM/10 und DOM/2.5 wurden durch automatische Bildkorrelation in einem regelmässigen Gitter (Punktabstand 10 m

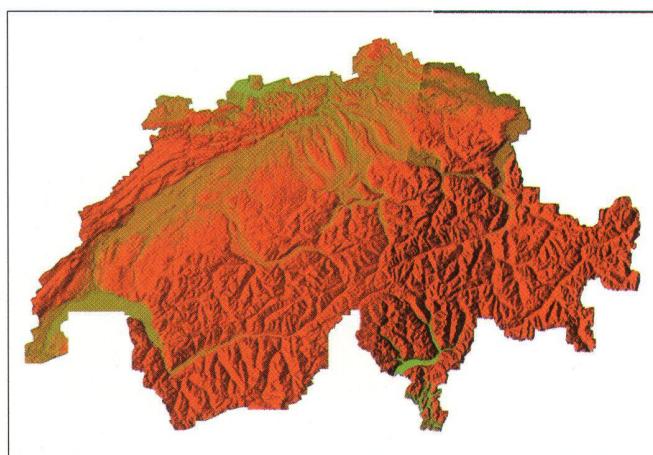


Abb. 2: Shaded Relief des digitalen Oberflächenmodell DOM/10 vom Gebiet der Schweiz (© ComSite Engineering AG/SEL Verteidigungssysteme GmbH).



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

bzw. 2.5 m) 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 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 anpassten. 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 10 m bzw. 2.5 m im digitalen Stereobildpaar eingespiegelt und der Operateur konnte Korrekturen durch Messungen mit dem Area/Geomorphic Editor direkt anbringen, die online 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. Abbildung 2 zeigt ein farbkodiertes Schattenrelief des Oberflächenmodells DOM/10 von der ganzen Schweiz, während in Abbildung 3 ein Shaded Relief vom LK25 Blatt 1168 Langnau i.E. dargestellt ist. Das Shaded Relief in Abbildung 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 Blattkarten-schnitt 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 (Gurtnellen UR, Vals GR) repräsentieren. In dieser Genauigkeitsuntersuchung wurden die Höhen von Triangulationspunkten (Langnau 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 0.5 m aufweisen, mit den Höhen vom DOM/10 verglichen. Dazu wurden die Punkte in das DOM/10 so gerechnet, dass die Höhen an den ent-

Gebiet	LK25 Blatt	Höhe [m]	n	Δh^2 [m]	$ \Delta h $ [m]	SD [m]	Min [m]	Max [m]
Langnau i.E. ¹	1168	600–1380	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
Gurtnellen 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

SD = Standardabweichung

Δh = Mittelwert Höhenunterschiede

Min = Minimalwert

$|\Delta h|$ = Betrag Mittelwert Δh

Max = Maximalwert

¹ Ergebnis stammt von Untersuchungen der Universität Zürich (Geographisches Institut, RSL, Dr. Erich Meier)

² Referenzwerte – Werte aus Bildkorrelation bezogen auf das Terrain

Tab. 1: Ergebnisse der Qualitätskontrolle DOM/10.

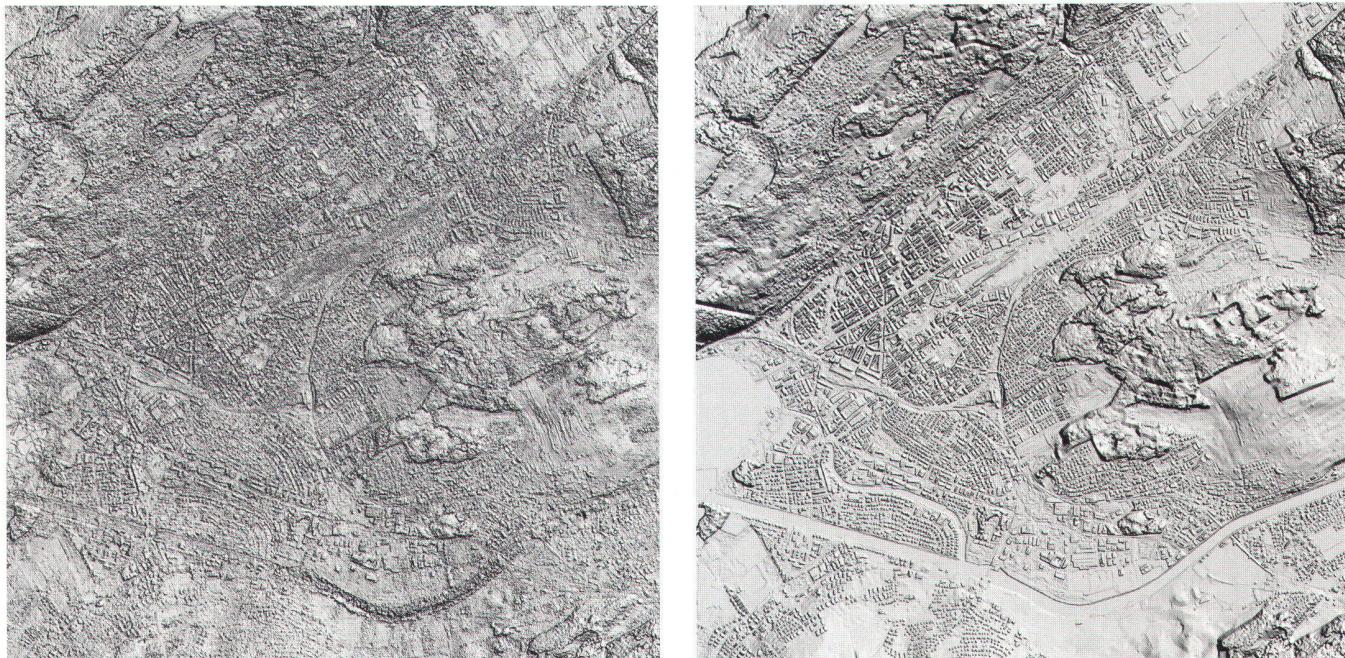


Abb. 4: Digitales Oberflächenmodell DOM/2.5 der Stadt Biel (links nicht editiert, rechts editiert).

sprechenden Lagekoordinaten interpoliert wurden. Als Ergebnis lässt sich zusammenfassen, dass die Standardabweichungen der Höhenunterschiede für urbane Gebiete und Mittelland bei 1.5–2.0 m liegen, während sie für alpines Gebiet Werte von 3.0–4.0 m aufweisen. Die maximalen detektierten Höhenunterschiede betragen im städtischen Gebiet/Mittel-land ca. 5 m, doch in den gebirgigen Ge-genden können sie auch bis zu 10 m 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 Ge-gensatz zum DOM/10 liegt beim

DOM/2.5 die Bedeutung auf die künstli-chen Bauten und Gebäude. Daher war beim DOM/2.5 der Editieraufwand auch erheblich höher. Der Unterschied zwi-schen einem nicht-editiertem (rohem) und einem editierten Oberflächenmodell DOM/2.5 ist in Abbildung 4 am Beispiel der Stadt Biel (Fläche 5 km x 5 km) dar-gestellt. Das linke Bild der Abbildung 4 zeigt den Rohdatensatz der automati-schen 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 be-arbeitet. Generell wurde in den urbanen Gebieten durch Editierung zuerst ein Ter-rainmodell erzeugt, in dem anschliessend die Gebäude durch Messungen von Bruchkanten hinzugefügt wurden. Die detaillierten Strukturen der Gebäude

wurden dabei nicht gemessen, so dass je-des Gebäude als genähertes Bauklotz-chenmodell dargestellt wird. Die Struktu-ren der Gebäude sind in Abbildung 5 an dem Beispiel der Stadt Zürich in zwei per-spektivischen Ansichten illustriert. Das DOM/2.5 ist ebenfalls als Kachel mit ei-ner Fläche von 4 km x 3.75 km gespei-chert und auf CD-ROM erhältlich. Diese Kachelgrösse entspricht einem 1/16 Kar-tenblatt 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. Abbildung 6 zeigt die komplette Kachel 1091_41 (Zürich) als Shaded Relief. Während in Abbildung 7 ausgewählte Kacheln der Städte Basel, Bern, Genf (oben), Lausanne, Luzern und Zug (unten) dargestellt sind. Die Qualität des DOM/2.5 wurde auch hier wäh-rend der Editierung visuell durch den Opera-teur überprüft. Zusätzlich konnte nach-

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								

Tab. 2: Ergebnisse der Qualitätskontrolle DOM/2.5.



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

träglich die Vollständigkeit stichprobenartig durch Überlagerung der Höhenlinien (Äquidistanz 2.5 m) auf das digitale Orthophoto Swissphoto (Auflösung 75 cm) kontrolliert werden (siehe Abbildung 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. 30 cm) verwendet, die eindeutig auf dem Terrain lagen. Die Standardabweichungen der Höhenunterschiede liegen bei beiden Un-

tersuchungsgebieten bei 1 m, wobei die maximalen Abweichungen knapp 3 m betragen. Da die Dachstrukturen der Gebäude nicht detailliert erfasst wurden, kann man die Genauigkeit der Dächer mit ca. 1–3 m abschätzen. Umfangreichere Untersuchungen wurden jedoch dazu noch nicht durchgeführt.

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.

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

Tab. 3: Inhalt DOM/10 und DOM/2.5.

Das DOM/10 unterscheidet sich zum bereits existierenden DHM25 der Landestopographie hinsichtlich der Maschenweite (10 m statt 25 m) 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 Tabelle 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 Ausbreitungsrechnungen können in der Sender- und Funknetzplanung durch 3D-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 3D 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 10 m und besser bestimmt werden.



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

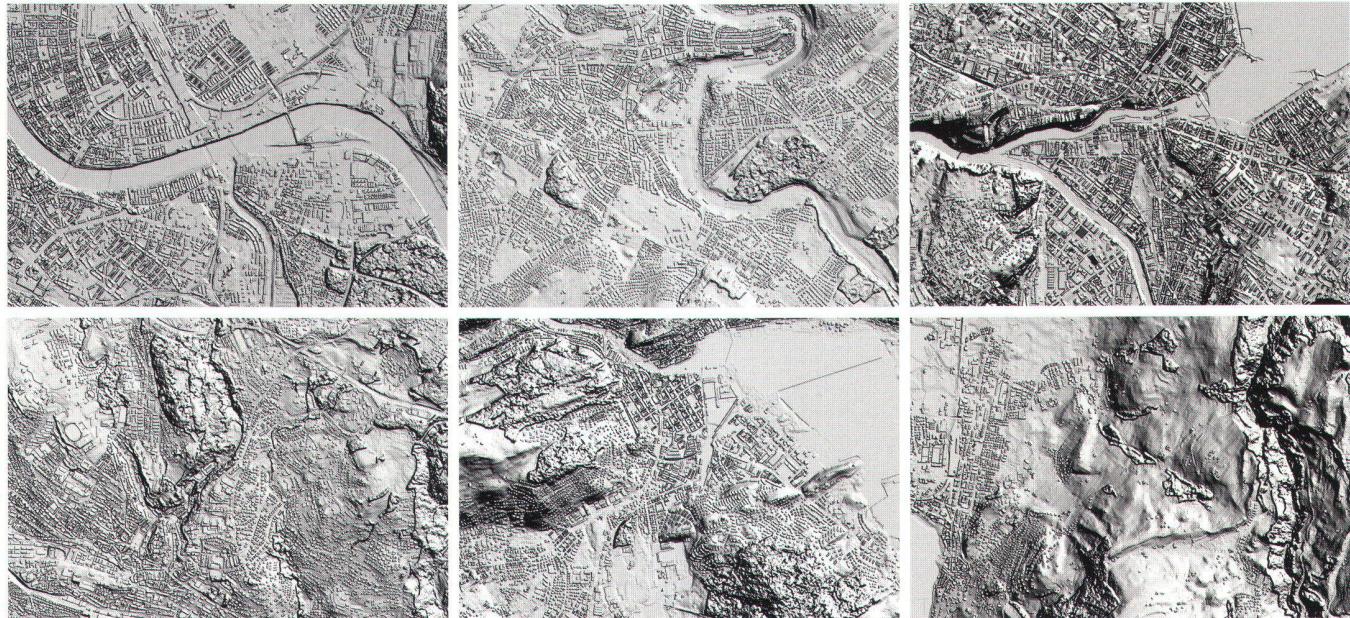


Abb. 7: Kacheln DOM/2.5 (Shaded Relief) von Basel, Bern, Genf (oben), Lausanne, Luzern und Zug (unten).



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 10 m Punktraster und für acht Städte in der Schweiz ein digitales Oberflächenmodell im 2.5 m Punktraster bei der Swissphoto AG durch digitale Bildkorrelation erstellt werden. Die Erfah-

rungen 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 Haupt-einsatzgebiet für diese Daten ist der Telekommunikationsmarkt.

Durch moderne Messverfahren wie Laserscanning oder interferometrisches synthetisches Radar können solche Daten heute auch direkt erfasst werden. Beson-

ders 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 verfügbarem 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 komplett 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 Edition und Nachführung erfolgen soll. Eine Integration von neuen Gebäuden aus CAD-Daten ist auch leicht durchzuführen. Dennoch muss abgewartet werden, ob

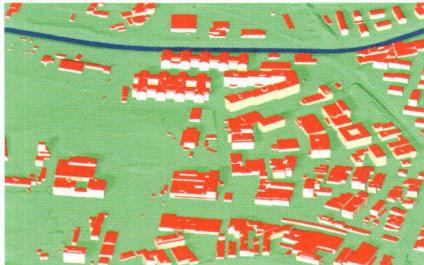


Abb. 9: 3D-Stadtmodell von Murten (links) und Zürich-Glattbrugg (rechts) als Cyber City Modell.

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.

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. Cyber-City Modeler – Ein System zur halbautomatischen Generierung von 3-D Stadtmodellen. *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-Informations-Systeme*, Nr. 6, pp. 12–19.
- Kersten, Th., 1999. Digitale Aerotriangulation über die ganze Schweiz. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Nr. 9, pp. 473–478.
- Kersten, Th., Cuche, L., 1999. Auf dem Weg zur virtuellen Stadt (Cyber City) – Photogrammetrische Datenerfassung für 3D-Stadtmodelle. *Workshop Erfassen, Verwalten und Visualisieren von 3D-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.

Thomas Kersten
Willie O'Sullivan
Dr. Marc Zanini
Swissphoto AG
Dorfstrasse 53
CH-8105 Regensdorf-Watt
thomas.kersten@swissphoto.ch
willie.osullivan@swissphoto.ch
marc.zanini@swissphoto.ch
www.swissphoto.ch

Wandeln Sie Ihr INTERLIS-Datenmodell in ein UML-Diagramm. Oder umgekehrt. Software herunterladen, testen.

Ihr Datenmodell als Diagramm!



EISENHUT INFORMATIK

Rosenweg 14 • CH-3303 Jegenstorf • Tel 031 762 06 62 • Fax 031 762 06 64 • <http://www.eisenhutinformatik.ch>