

## Bemerkungen zum Thema „True Orthoimage“

WERNER MAYR, Stuttgart

**Einleitung:** In vielen GIS-Anwendungen bereichern Bilder die Präsentation. Oft nutzt man sie als Hintergrund zur Datenerfassung für und in GIS. Im geometrischen Sinn besitzen solche Bilder eine definierte, homogene Geometrie. Es sind Orthophotos. Diese werden seit Jahrzehnten mit immer größer werdender Nachfrage nach Qualität und Quantität produziert. Die genauesten und damit qualitativ hochwertigsten Orthophotos sind so genannte True OrthoImages (TOI), deren Bedeutung und Erzeugung in diesem Artikel beschrieben werden.

**Abstract:** *Remarks to the topic "True Orthoimage".* Images in the background enrich in many GIS applications their data presentation and visualization. Often they are used for data capturing. Geometrically such images possess a defined, homogeneous geometry. They are orthophotos. This article presents some remarks to "True Orthoimages", which represent the highest level of geometric accuracy and completeness. It shortly points out the most important technological development stages of orthoprojection and concentrates then on the explanation of a possible technique to generate true orthoimages. Several examples are presented and discussed. True orthoimages appear to become of interest. They require a more distinct digital description of the surface envelope. In general this is a digital surface model of the relevant part of the earth and has topographic surface and man-made objects modeled in one data set. The article concludes with the description of an application example.

---

### Die Anfänge

Ursprünglich leitete man Orthophotos aus Luftbildern ab. Daher bürgerte sich schnell der Name „Orthophotos“ ein. Dieser Begriff ist jedoch insofern irreführend, als dass es konstruktiv gesehen keinen „Ortho-Photoapparat“ geben kann sondern lediglich Ortho-Projektoren. In den Anfängen projizierte man Luftbilder aus ihrer Bildebene in eine Objektebene um. Dies war gleichsam das „analoge Zeitalter“ und die Methode wurde „Entzerrung“ genannt. Mit der Einführung analytischer Geräte, d. h. durch Servomotoren angetriebene optomechanische Geräte mit Computersteuerung, erreichte man die nächste Qualitätsstufe. Die bisher durch einen einzigen Belichtungsvorgang vollzogene und mechanisch gesteuerte analoge Umprojektion wurde durch eine Se-

rie, computergesteuerter, örtlich sehr begrenzter und geometrisch aneinander gereihter Belichtungen des immer noch analogen Orthophotobildträgermaterials ersetzt. Digitale Geländemodelle (DGMs) waren zur Steuerung dieser „analytische Orthoprojektoren“ genannten Umbildegeräte notwendig. Man nannte diese Methode „differenzielle Entzerrung“. Beide Verfahren, analoge wie analytische Orthoprojektion, waren exklusiv auf die Umbildung von Luftbildern in Orthophotos ausgerichtet.

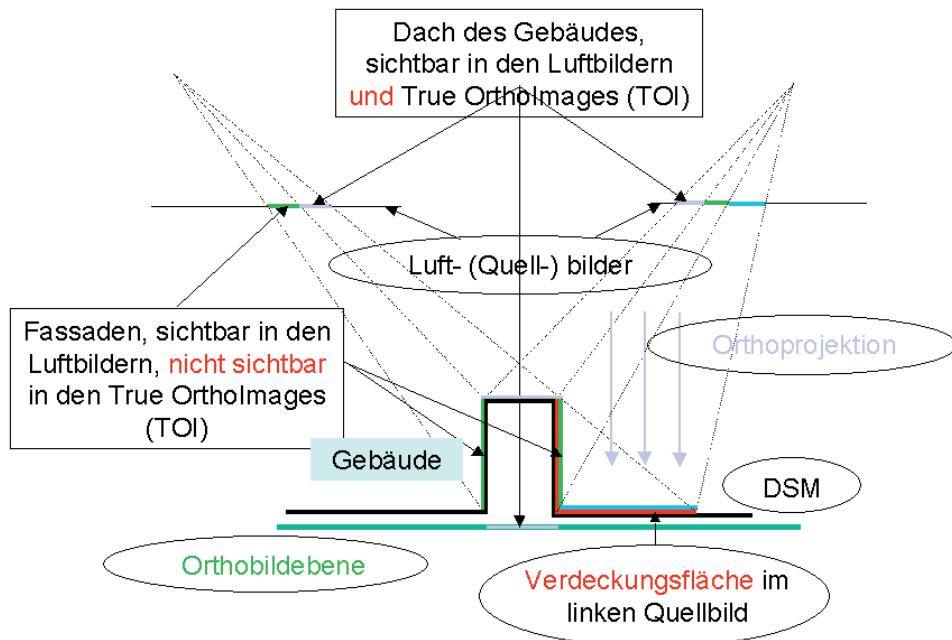
Mit der Einführung gescannter Luftbilder verbreitete sich die „digitale Orthoprojektion“ recht erfolgreich und schnell. Seither stößt man öfter auf den Begriff „Orthobild“, denn das primäre Speichermedium für das Orthobild ist digital und nicht mehr der analoge Film. Im Gegensatz zu den bisherigen Verfahren können in der digitalen Ortho-

projektion Quellbilder mit verschiedenen Abbildgeometrien verwandt werden. Zudem können wesentlich dichtere und damit oftmals genauere DGMs angewandt werden, was eine Qualitätsverbesserung gegenüber der analytischen Orthoprojektion bedeutet. Weiterhin erhöhte sich die Produktionsgeschwindigkeit beträchtlich. Das wahre Potenzial digitaler Orthoprojektion wurde jedoch noch nicht voll ausgeschöpft. Über alle bisher erwähnten Entwicklungsstufen der Orthoprojektion hinweg blieb ein die Qualität des Orthophotos oder Orthobildes beeinträchtigender Effekt der Methode, auch Artfakt genannt, gleichsam inhärent bestehen. Von Menschenhand geschaffene Objekte wie z. B. Häuser und Brücken oder Ähnliches aber auch Wälder sind nicht richtig, d. h. nicht in ihrer Grundprojektion, in Orthophotos abgebildet. Der Grund für den Artfakt ist, dass DGMs nur die topographische Erdoberfläche beschreiben, ohne die von Menschenhand geschaffenen Objekte und Wälder zu beinhalten. Dies wäre jedoch

notwendig, um den Artfakt zu vermeiden. Ein DGM plus Modellierung künstlicher Objekte ergibt ein Digitales Oberflächenmodell (DOM, engl. Digital Surface Model = DSM). Dies ist der Schlüssel zu Orthobildern höchster Qualität.

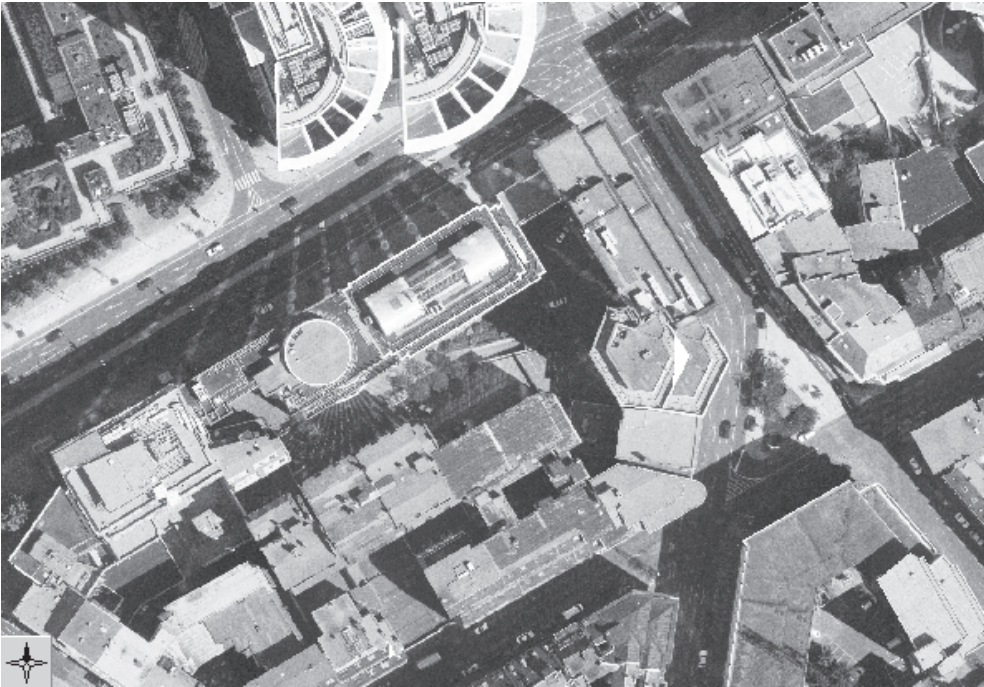
### Das heutige Verfahren

Wenn man eine fehlerfreie Georeferenz des Quellbildes, z. B. eines Luftbildes oder Satellitenbildes, annimmt, dann ist die Orthoprojektion praktisch so genau wie das zu Grunde liegende Oberflächenmodell. Was genau beinhaltet das Oberflächenmodell? Bisher wurden und werden in noch fast allen Institutionen „topographische“ digitale Geländemodelle erfasst. Solche Geländemodelle schließen jedoch künstliche Objekte ausdrücklich aus. Stereo-Operateure wurden/werden angehalten, bei der Erfassung topographischer Geländeoberflächen in Waldgebiete „einzutauchen“ und Gebäude zu „durchmessen“, quasi je nach Erfahrung



► ©2002 Inpho GmbH

Abb. 1: Orthoprojektionsschema.



**Abb. 2:** Mehrfachabbildung durch Benutzung eines topographischen Geländemodells ohne Berücksichtigung von sichttoten Bereichen in einer Stadt.

und Bodenbeschaffenheit, womit das DGM mit einer gewissen Subjektivität behaftet war. Abb. 1 zeigt das Orthoprojektionsschema, welches eine senkrechte Parallel-Projektion ist.

Es wird klar, dass verdeckte Gebiete durch fremde, d. h. falsche, Bildinhalte abgebildet werden können. In Abb. 1 überdeckt das blaue Dach auch das horizontale Verdeckungsgebiet des Digitalen Oberflächenmodells im linken Luftbild. Ist das Gebäude nicht Bestandteil des während der Orthoprojektion benutzten Oberflächenmodells, verursacht diese „nicht-existente“ Geometrieinformation einen Fehler oder Artefakt. Ein Artefakt ist die Mehrfachabbildung (Geisterbild). Dieser erfolgt, wenn nur ein Quellbild zur Verfügung steht und die Software zur Orthobilderzeugung sichttote Bereiche nicht erkennt. Das Orthobild in Abb. 2 zeigt doppelt abgebildete Gebäude- teile. Diesem Beispiel liegt ein topographisches Geländemodell zu Grunde, d. h. Häuser sind nicht enthalten, wodurch im Ortho-

bild eigentlich sichttote Bereiche, gleichermaßen „Informationslöcher“, mit Quell- bildinhalt fälschlicherweise aufgefüllt werden.

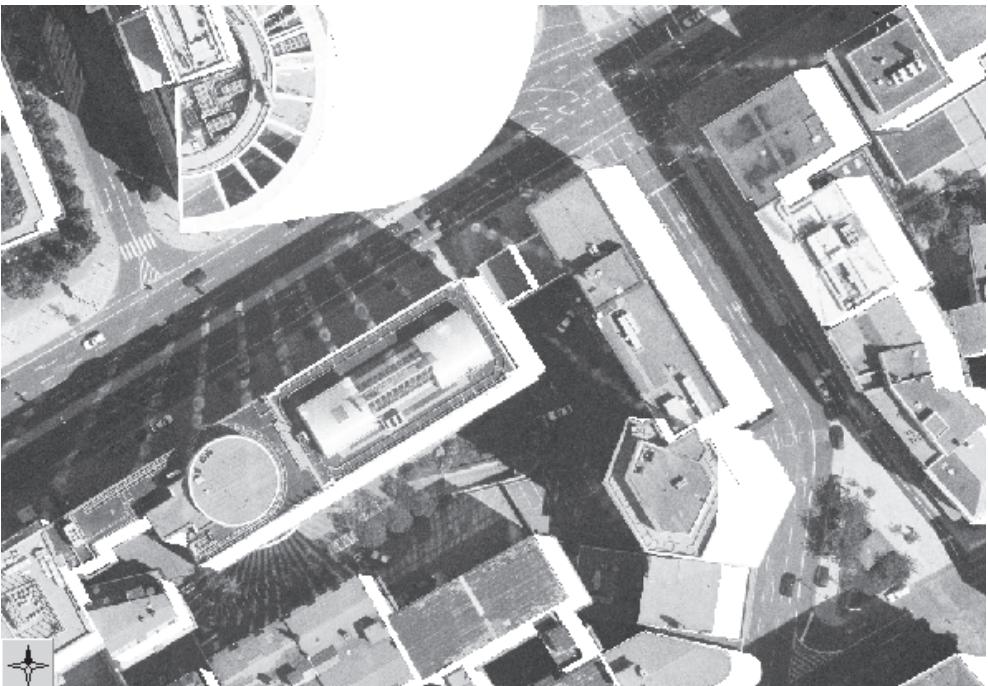
Die Brücke im Orthobild in Abb. 3, die sich eigentlich geradlinig über das Tal erstreckt, wird verzerrt dargestellt und folgt dem topographischen Oberflächenmodell, also dem Boden, während der Schatten der Brücke korrekt im Orthobild angezeigt wird und der topographischen Oberfläche folgt.

### Elimination von künstlichen Objekten

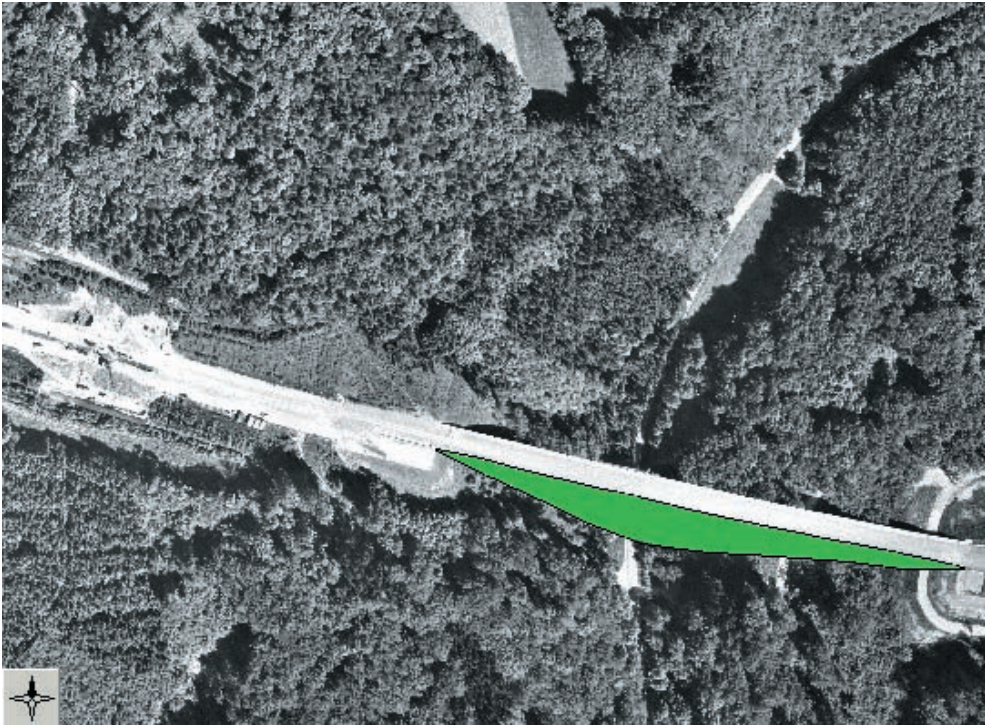
Um solche Artefakte zu überwinden, ist die Verwendung eines DOM notwendig, welches die von Menschenhand geschaffenen Objekte und Wälder mit einschließt. Das DOM findet dabei zweierlei Einsatz. Zum einen substituiert es das bisherige DGM in der Phase der geometrischen Umprojektion. Zum anderen dient es der Analyse und dem Auffinden sichttoter Bereiche, auch „verdeckte Bereiche“ genannt, wobei eine Art



**Abb. 3:** Auf DGM basierendes Orthobild mit „fehlplatzierte“ Brücke und korrekt verlaufendem Schatten.



**Abb. 4:** „Ehrliches Orthobild“ mit weiß markierten verdeckten Gebieten.



**Abb. 5:** „Ehrliches Orthobild“ einer Brücke mit grün markiertem Verdeckungsgebiet.

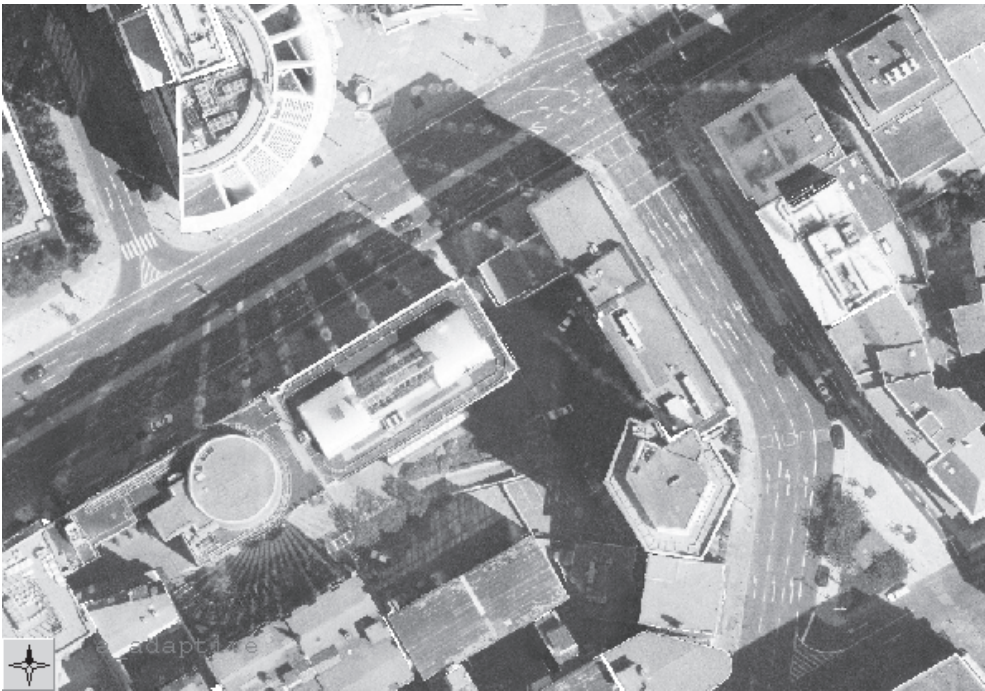
inverse Strahlverfolgung vom Objektraum in den Bildraum stattfindet. Ausgehend von *einem* (1) Quellbild mit zugehörigem DOM ist es möglich, Verdeckungsgebiete im Orthobild zu markieren, jedoch nicht verdeckte Bereiche mit „richtigem Orthobildinhalt“ aufzufüllen. Ein solches Orthobild kann man als „ehrlisches“ Orthobild“ betrachten, da es geographisch das richtig, also „ehrlich“, zeigt, was vom Augpunkt des Quellbildes aus sichtbar war, siehe Abb. 4. Abb. 5 markiert in grün das vorab bestimmte Verdeckungsgebiet der Brücke.

### **Wahre Orthobilder oder True Ortho-Images**

Jedoch wären derartige Orthobilder mit „weissen Flecken“ zwar „richtig“ aber nicht ästhetisch und natürlich inhaltlich nicht vollständig. Daher sind die weissen Flecken mit richtigem Orthobildinhalt möglichst automatisch aufzufüllen. Mit einem DOM und mehreren Quellbildern von verschiede-

nen Aufnahmeorten, z. B. von einem Luftbildblock, kann man mehrere einander überlappende „ehrlische“ Orthobilder erzeugen. Die weissen Flecken in Überlappungsgebieten werden durch richtigen Orthobildinhalt überlagernder Orthobilder mittels Mosaikierung automatisch ersetzt. Es entsteht ein synthetisches, da künstlich aus mehreren einzelnen Orthobildern erzeugtes neues Orthobild, eigentlich ein Orthomosaik. Dieses bezeichnet man als „wahres Orthobild“ (engl. „True Orthoimage“ = TOI). Es ist „wahr“, denn in ihm sind von Menschenhand erschaffene Objekte „wahrlich“ senkrecht projiziert und Verdeckungsgebiete mit wahren Orthobildinhalt aufgefüllt.

Wo die Bestimmung von Sichtlinien für bereits identifizierte Verdeckungsgebiete zu Quellbildern mit „gültigen“ Bildinhalten führt, können Verdeckungsgebiete ersetzt werden. Bei den TOIs in den Abb. 6 und 7 fand die Anwendung von DOMs und die automatische Ersetzung von Verdeckungsgebieten statt. Die Gebäude in Abb. 6 wer-



**Abb. 6:** True Orthoimage eines Innenstadtbereiches mit automatisch ersetzten Verdeckungsbereichen.

den senkrecht auf die Orthobild-Ebene projiziert, vergleiche das Prinzip in Abb. 1.

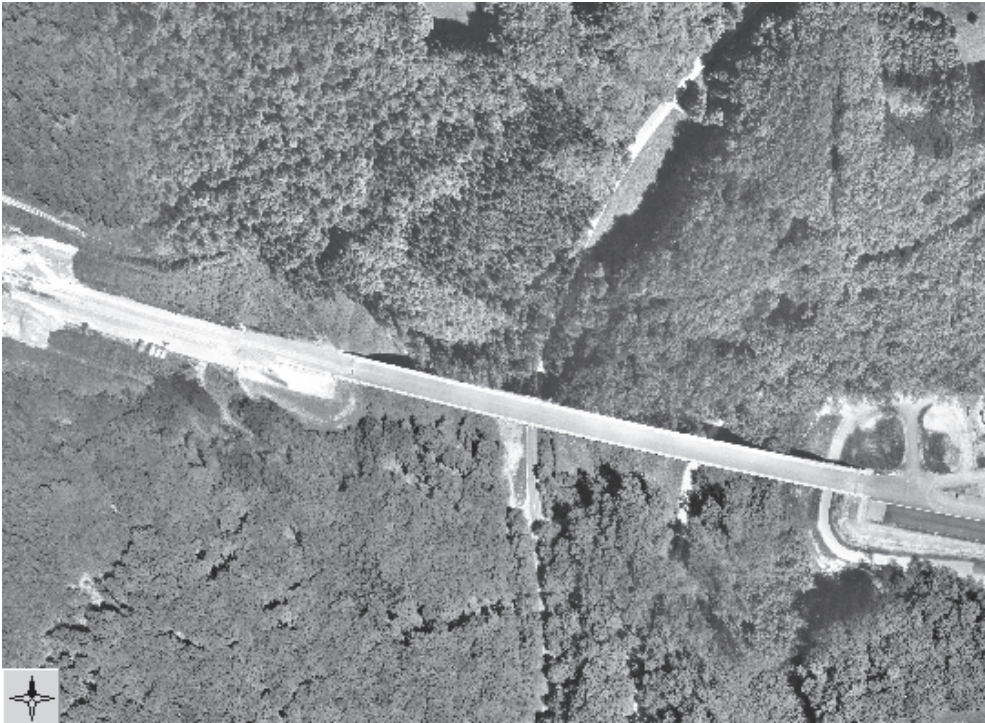
Ein genauer Blick auf Abb. 6 zeigt, dass Gebäude aus mehreren 3D Grundstrukturen zusammengesetzt sind, denn nicht richtig erfasste oder modellierte können auch weiterhin zur Abbildung der vertikalen Fassaden führen, wie dies im Falle des in ein Gebäude integrierten aber nicht modellierten Rundturms im linken unteren Quadranten in Abb. 6 ersichtlich ist. Die wahre Orthoprojektion behandelt auch die Brücke korrekt, wie in Abb. 7 zu sehen ist. Da für obige Beispiele Luftbildblöcke mit in den Verdeckungsbereichen einander überlappenden Quellbildern vorhanden waren, konnten diese automatisch durch richtige Orthobildinhalte ersetzt werden.

### Anwendungen in der Produktion

Um die Erzeugung von TOI in eine Produktionsumgebung zu integrieren, benötigt man entsprechende Softwareprodukte und aufeinander abgestimmte Abläufe. OrthoBox

von INPHO ist darauf vorbereitet, TOIs zu erzeugen und folglich DOMs entsprechend verarbeiten zu können, siehe [www.inpho.de](http://www.inpho.de). Alle oben angeführten Beispiele wurden mittels OrthoBox produziert, welches aus den beiden Einzelapplikationen OrthoMaster für die Orthobilderzeugung und OrthoVista für die Mosaikierung besteht; beide Einzelapplikationen kann man inklusive Dokumentation als Demoversionen von [www.inpho.de](http://www.inpho.de) per download erhalten.

In OrthoMaster importiert man neben den georeferenzierten Quellbildern und dem DGM 3D-modellierte Objekte, d. h. Häuser und Brücken. Während der Orthobildberechnung vereint OrthoMaster diese mit dem gegebenen DGM. Das daraus resultierende DOM ermöglicht die Erzeugung von „ehrlichen“ Orthobildern mit den besagten weissen Flecken. Anschließend übernimmt OrthoVista die Mosaikbildung aus benachbarten oder überlappenden Orthobildern. Dabei interpretiert es die weissen Flecken als Verdeckungs-Codes und übernimmt automatisch richtige Orthobildinhalte aus



**Abb. 7:** True Orthoimage einer Brücke mit automatisch ersetzttem Verdeckungsbereich.

anderen Orthobildern. So entsteht das True OrthoImage.

Die eigentlichen Herstellungskosten von TOI verursacht jedoch die Datenerfassung von 3D-Objekten wie z. B. von Häusern und Brücken. Dies muss derzeit entweder zeit-aufwändig von Stereooperatoren erledigt werden oder kann durch einen entsprechend bearbeiteten Datensatz einer dichten Laser-scannerbefliegung ersetzt werden. Beide Ansätze sind kostenintensiv. Nachdem es sich bei den „Objekten von Menschenhand“ überwiegend um Häuser handelt, kann man versuchen, diese kostengünstiger zu erfassen. Hierzu kann man die halbautomatische Erfassung von georeferenzierten 3D-Drahtgittermodellen von Häusern einsetzen. Die Anwendung inJECT von INPHO bietet den Ansatz der halbautomatischen Merkmals-Extraktion von 3D-Drahtgittermodellen von Gebäuden. Da zur Anwendung von inJECT weder spezielle stereofähige Computerhardware noch hochspezialisierte, erfahrene Stereooperatoren notwendig sind,

kann die halbautomatische Merkmalsextraktion Datenerfassungskosten reduzieren helfen.

### Schlussbemerkungen

True Orthoimages sind Ortho-Mosaiken, die den Objektraum vollständig in senkrechter Parallelprojektion darstellen. Für die Erzeugung von TOIs benötigt man a) einen Satz georeferenzierter Quellbilder mit vollständiger Sichtbarkeit der Objektfläche, b) ein DOM und c) die korrekte geometrische und radiometrische Bearbeitung von Verdeckungsgebieten. Die Datenerfassung der künstlichen Objekte verursacht den Löwenanteil der Herstellungskosten für ein TOI, was sie gegenüber „klassischen“ Orthobildern“ vermutlich verteuert. Für die verstärkte Einführung und Anwendung von TOI erscheint es essentiell, dass man Verfahren findet, die erfolgreich die Herstellungskosten bei der DOM-Datenerfassung reduziert. TOIs stellen eindeutig den höchsten

Qualitätsstandard für Orthobilder dar. Ihr Einsatz in anderen Anwendungen wie z. B. GIS wird deren Qualität steigern helfen. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass bei der konsequenten Anwendung von TOIs die Fassaden der Häuser „verloren“ gehen und somit auch ein gewisser 3D-Eindruck in Orthobildern. Jedoch sind Orthobilder von Natur aus 2D und nur TOIs erfüllen diese Eigenschaft zu wahrlich 100%.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. WERNER MAYR

inpho GmbH, Smaragdweg 1, D-70174 Stuttgart,

e-mail: werner.mayr@inpho.de

www.inpho.de

Manuskript eingereicht: Mai 2002

Angenommen: Mai 2002