

**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:** 93 (1995)

**Heft:** 4: ETHZ : Departement Geodätische Wissenschaften = EPFZ : Département des sciences géodésiques

**Artikel:** Integrierte 3-D Stadtmodelle für urbane Entwicklungsräume

**Autor:** Sinning, M. / Grün, Armin

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235148>

### **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>**

## Integrierte 3-D Stadtmodelle für urbane Entwicklungsräume

M. Sinning, A. Grün

Ein interdisziplinäres Projekt an der ETH Zürich, das Anfang des Jahres 1994 erfolgreich abgeschlossen wurde, hatte sich zum Ziel gesetzt, geeignete Verfahren der Geodatenerhebung und -verarbeitung zu untersuchen bzw. zu entwickeln mit dem Ziel, die damit erhobenen Daten in eine ebenfalls zu entwickelnde benutzerfreundliche Softwareumgebung zu integrieren, um Darstellung, visuelle Manipulation, Analyse und Entwurf von urbanen Gebieten zu unterstützen. Drei Gruppen der ETH Zürich waren an dem Projekt beteiligt: Die Gruppe «Architektur und Städtebau» definierte die Anforderungen und Erwartungen an das System, die Gruppe «Photogrammetrie» erfasste und verarbeitete Raster- und 3-D Vektordaten, die zusammen ein 3-D Modell des urbanen Gebietes bildeten, konvertierte die Daten in ein passendes Format und transferierte sie zur Gruppe «CAAD», welche die Daten in AutoCAD weiterverarbeitete und Datenbankfunktionalität implementierte. In diesem Beitrag werden einige Aspekte und Ergebnisse der Arbeit, die von der Gruppe «Photogrammetrie» im Rahmen des Projekts geleistet wurde, vorgestellt, so z.B. die Implementation eines «Topology Builders», der aus einer unstrukturiert gemessenen Dach-Punktwolke zusammen mit einem DTM automatisch alle Gebäudeflächen in AutoCAD-kompatiblen Format bildet, die Herstellung von Digitalen Orthobildern und abgeleiteten Produkten wie künstliche perspektivische Ansichten des Geländes sowie die geometrische Lagekorrektur von Hausdächern in Digitalen Orthobildern.

*Dans le cadre d'un projet interdisciplinaire de l'EPF Zurich, achevé avec succès au début de 1994, on s'était fixé comme objectif d'examiner et de développer des procédés appropriés permettant de saisir et de traiter des données géographiques et de les intégrer dans un environnement logiciel facile à utiliser mais qui reste encore à mettre au point. Ainsi on vise à assister la représentation, la manipulation visuelle, l'analyse et la conception de sites urbains. Trois groupes ont participé au projet de l'EPF Zurich: Le groupe «Architecture et urbanisme» a défini les exigences et les attentes en rapport avec ce système, le groupe «Photogrammétrie» a saisi et traité les données raster et les vecteurs 3D qui ensemble forment un modèle 3D de la région urbaine. Ce groupe a converti les données dans un format adéquat et les a transférées au groupe «CAAD» qui les a travaillées dans un système DAO automatique pour les rendre compatibles avec les banques de données. Dans cet article les auteurs présentent quelques aspects et les résultats du travail qu'a fait le groupe «Photogrammétrie» dans le cadre du projet. Ils ont implémenté un «Topology Builder» qui, à partir d'un semi de points mesuré non structuré d'un toit, génère automatiquement, à l'aide d'un modèle digital, toutes les surfaces des bâtiments dans un format compatible avec un CAD automatique. Ce «Topology Builder» permet également la création d'orthophotos digitales et de produits dérivés tel que vues perspectives du terrain ainsi que la correction géométrique de la situation de toits de maisons dans des orthophotos digitales.*

Un progetto interdisciplinare dell'ETH di Zurigo, concluso con successo all'inizio del 1994, si era prefissato l'obiettivo di ricercare e sviluppare i processi di rilevamento ed elaborazione dei geodati, di integrare i dati rilevati, in un ambito software ancora da svilupparsi a favore dell'utente per appoggiare rappresentazioni, manipolazioni visive, analisi e progetti di regioni urbane. Il progetto ha visto la partecipazione di tre gruppi del Politecnico di Zurigo: il gruppo «Architettura e costruzioni urbane» definiva le esigenze e le aspettative del sistema; il gruppo «Fotogrammetria» rilevava ed elaborava dati raster e vettoriali tridimensionali – che unitamente costituivano il modello tridimensionale del territorio urbano – e dopo aver convertito i dati nel formato giusto li trasferiva al gruppo «CAAD», il quale rielaborava a sua volta i dati in AutoCAD e li implementava nella funzionalità della banca dati. In questo articolo si presentano alcuni aspetti e risultati di questo progetto, ottenuti dal gruppo «Fotogrammetria», come, per es., l'applicazione di un «topology builders» il quale, partendo da una moltitudine di punti di tetti non strutturata abbinata a un DTM, fornisce automaticamente tutte le superfici degli edifici in un formato compatibile AutoCAD; oppure la realizzazione di ortofoto digitali e prodotti derivati, come le panoramiche artificiali in prospettiva del terreno e la correzione planimetrica di tetti di edifici in ortofotografie.

### 1. Einleitung

In stark zunehmendem Umfang verlangen viele Disziplinen (Stadt- und Regionalplanung, Telekommunikation, Umweltwissenschaften, usw.) nach 3-D Daten städtischer und ländlicher Bereiche in digitaler und strukturierter Form. Konventionelle Datenquellen wie Pläne und Karten können diese Nachfrage zunächst überhaupt nicht befriedigen. Selbst nach erfolgter Digitalisierung und Strukturierung der damit erzeugten Daten liegen nur 2-D Objekte vor bzw. im Falle des Digitalen Terrainmodells (DTM) eine 2.5-D Darstellung. Dazu kommt, dass, abhängig von Alter und Masstab der Vorlage, die Ergebnisse möglicherweise nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen bzw. die Genauigkeitsspezifikationen nicht erfüllen.

Mit der Photogrammetrie steht dagegen eine Technologie zur Verfügung, die es erlaubt, die meisten erwünschten Daten in 3-D Form, flächendeckend, aktuell, geometrisch genau und relativ schnell zu erheben. Photogrammetrische Projektparameter wie Bildmasstab, Kammerkonstante, Filmart (S/W oder Farbe), Befliegungsdatum, usw. erlauben optimale Anpassung an die Datenspezifikationen. Moderne Auswertegeräte der analytischen und digitalen Photogrammetrie eröffnen Möglichkeiten zur Teilautomatisierung der Datenerhebung und ermöglichen entweder die Integration von GIS und CAD-Systemen oder stellen entsprechende Interfaces zur Verfügung. Die grossen Mengen der zu erhebenden Daten verlangen nach Automatisierung der Mess- und Strukturierungsprozesse. Die Automatisierung und somit Effizienzsteigerung der photogrammetrischen Datenerhebung sowie die Datenmodellierung in Datenbanken sind heute grosse wissenschaftliche Themen (vgl. u.a. Förstner, 1993, Grün et al., 1993, Shibasaki et al., 1992, Dave, Schmitt, 1994). Wir berichten in diesem Artikel über unsere Erfahrungen, die wir im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts sammeln konnten. Zwischen Oktober 1990 und März 1994 unterstützte der Schweizerische Nationalfonds das gemeinsame Projekt «Geodatenverarbeitung zum CAAD-gestützten Analysieren und Entwerfen urbaner Entwicklungsräume» der ETH Zürich - Professuren für Architektur und Entwerfen (Prof. F. Oswald), Photogrammetrie (Prof. Dr. A. Grün) und Architektur und CAAD (Prof. Dr. G. Schmitt). Die Planung und Entwicklung von komplexen urbanen Projekten erfordert die Berücksichtigung vieler Faktoren: Historische Entwicklung, Gebäude, Topographie, Vegetation, Landnutzung, Verkehrswege usw., aber auch die politischen, sozialen, gesetzlichen und ökonomischen Verhältnisse. Eine Grundvoraussetzung für Stadtplanungsprojekte ist folglich ein weitestge-

hend vollständiges und genaues 3-D Modell des urbanen Gebietes für Simulation, Analyse und Entwurf, das möglichst alle o.g. Informationen enthält. In diesem Kontext sprechen wir von einem «Integrierten 3-D Stadtmodell». Die grundlegende Idee dieses Projekts war die Erfassung und Verarbeitung von Daten für solch ein 3-D Modell und die Entwicklung einer Prototyp-Softwareumgebung, die den zeitaufwendigen Prozess der Analyse rationalisiert und effizientes Testen und Visualisieren von Entwürfen, basierend auf der Analyse und dem 3-D Modell, ermöglicht. Das System sollte sowohl Architekten, Stadt- und Verkehrsplanern, als auch der Forschung und Lehre dienen. Informationen über die Charakteristiken eines urbanen Gebiets können aus Luftbildern, Plänen, historischen Karten, Beschreibungen usw. stammen. Dank der in den letzten Jahren stark angestiegenen Nutzung von GIS in öffentlichen Ämtern existieren bereits viele für Planungszwecke relevante Daten in digitaler Form. Da diese Daten aber für diverse Zwecke, basierend auf verschiedenen Konzepten, Formaten und Datenmodellen und in vielen Fällen unstrukturiert erhoben wurden, gestaltet sich der Datenaustausch schwierig. Ausserdem sind Parzellenpläne und Objekte wie Gebäude in Karten nur als 2-D Darstellungen der ursprünglichen 3-D Objekte realisiert.

Wichtige Aspekte des Projekts betrafen die Untersuchung, ob und wieweit die schon existierenden 2-D digitalen Pläne für das Stadtmodell genutzt werden können und wie die Erweiterung der Daten um die dritte Dimension erfolgen könnte. Für diese Erweiterung von 2-D auf 3-D sind effiziente Datenerhebungsmethoden notwendig.

Ein anderer wichtiger Aspekt war die Kooperation zwischen Architekten, GIS/CAD-Nutzern und Photogrammetern. Die Gruppe «Architektur und Städtebau» definierte die Erwartungen und Anforderungen an das System. Die Gruppe «Photogrammetrie» erhob, verarbeitete und strukturierte Raster- und 3-D Vektordaten und konvertierte sie in ein passendes Format, so dass sie von der «CAAD»-Gruppe übernommen und in AutoCAD weiterverarbeitet werden konnten. Die CAAD-Gruppe erweiterte das reine CAD-Softwarepaket AutoCAD um Datenbankfunktionalität.

Im Folgenden wird schwerpunktmässig über die Erfahrungen der Photogrammetrie-Gruppe im Projekt berichtet. Die Arbeiten der beiden anderen Gruppen werden ebenfalls kurz angesprochen. Im Kapitel 2 werden das Konzept und die Anforderungen an das System diskutiert. Im Kapitel 3 wird die manuelle Prozedur für die Erhebung und Verarbeitung von 3-D Vektordaten für ein Stadtmodell von «Avenches» beschrieben. Dabei waren die zeitauf-

wendigsten Schritte die detaillierte manuelle Extraktion und Strukturierung der Gebäude. Diese Erfahrung führte uns zur Entwicklung und Implementierung eines sog. «Topology Builders» zur automatisierten Gebäudestrukturierung für AutoCAD. Die Grundelemente dieser Gebäudestrukturierung können auch für die geometrische Lagekorrektur von Dächern in digitalen Orthobildern ausgenutzt werden (vgl. Kap. 3.4). Abschliessend werden in Kapitel 4 einige Ergebnisse für das Gebiet «Olten» gezeigt.

## 2. Konzeptionelle Überlegungen

### 2.1 Anforderungen an das System

- Grundvoraussetzung ist der Aufbau von vollständigen und genauen 3-D Modellen von grossen urbanen und suburbanen Gebieten. Die Erweiterung von 2-D bzw. 2.5-D auf 3-D vergrössert nicht nur die Datenmenge, sondern auch die Komplexität ihrer topologischen Beziehungen, was zu einem erheblichen Anstieg des Aufwands und der Kosten führt. Daher sind effiziente, kostengünstige Methoden für den Aufbau und die Nachführung der 3-D räumlichen Datenbanken notwendig.
- Die Kombination von Vektor- und Rasterdaten wäre wünschenswert.
- Detaillierte Information einer Datenbank muss mit dem 3-D Modell verknüpfbar sein.

- Die Daten sollten in Objektklassen organisiert sein.
- Das Modell sollte in verschiedenen Massstäben darstellbar sein, mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad: Vom einfachen Massenmodell (kleiner Massstab) zum komplexen, detaillierten Modell (grosser Massstab). Dies führt zum Problem der Datengeneralisierung.
- Leistungsfähige Tools zur Visualisierung der Analyse- und Entwurfsergebnisse sowie zur einfachen und schnellen Modifizierung der Daten sind notwendig. Animationen, «Walk Throughs» und «Fly Overs», photorealistische Darstellungen usw. sind nützliche und sinnvolle Resultate.
- Die Kompatibilität mit existierenden CAD-Systemen wie AutoCAD sollte gegeben sein, d.h. Standardformate wie DXF sollten verwendet werden. Das führt langfristig hoffentlich zu mehr Kooperation und einem einfacheren Datenaustausch zwischen Büros und öffentlichen Ämtern.
- Last, but not least, sollte das System benutzerfreundlich, offen und flexibel sein.

### 2.2 Konzepte für das System

Die zwei wichtigsten konzeptionellen Überlegungen, die für die Gruppe «Photogrammetrie» relevant waren, betrafen die Plattform des Systems und die Datenerhebungsmethode.

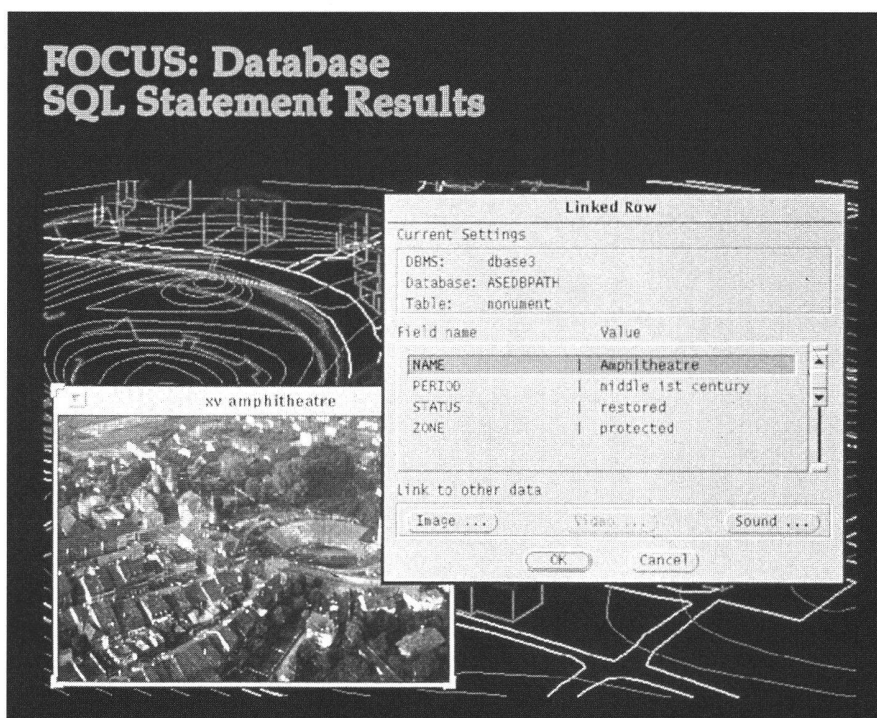


Abb. 1: Datenbankfunktionalität in AutoCAD: SQL-Abfrage, Verknüpfung von Multimediaelementen (Bild, Ton usw.) mit den Objekten der Datenbank.

## 2.2.1 GIS oder CAD?

Die Diskussion über eine passende Plattform für das System zeigte einen Konflikt: Auf der einen Seite bieten GIS gute Datenbankfunktionalität, aber nur begrenzte Visualisierungsmöglichkeiten und arbeiten meistens nur in 2-D; auf der anderen Seite stehen leistungsfähige 3-D Entwurfswerkzeuge von CAD-Systemen zur Verfügung, die aber wiederum nur wenig bzw. gar keine Möglichkeiten bieten, graphische mit nichtgraphischer Information zu verbinden. Es wurden verschiedene GIS- und CAD-Systeme evaluiert, mit dem Ergebnis, dass damals keines der Systeme vollständig den Anforderungen des Projekts genügte. Es wurde daher AutoCAD als Plattform gewählt, da dieses CAD-System bei Architekten und Planern weit verbreitet und auf vielen verschiedenen Computern verfügbar ist; die Kompatibilität wird dadurch erhöht und der Datenaustausch zwischen den Benutzern erleichtert.

Die Aufgabe der CAAD-Gruppe war die Implementation von Datenbankfunktionalität in AutoCAD (Schmitt, 1993, Dave, Schmitt, 1994). Das gesamte Software-System besteht aus einer Kombination von kommerzieller und Public-Domain-Software sowie selbstentwickelten Programmen. Als Computer-Plattform dienen Workstations von Sun Microsystems und Silicon Graphics.

AutoCAD steht heute mit direktem Datenbankzugang und wohldefiniertem Datenbankprogrammierungsinterface (ANSI/ISO SQL spezifiziert) zur Verfügung. Die Elemente der relationalen Datenbank lassen sich mit graphischen Entitäten (z.B. Videoclips, CCD-Bilder) verbinden. Generell können Multimediadaten (Ton, Rasterbilder, Karten, Videoclips, Textinformation) über externe Viewer zugänglich gemacht werden. Abbildung 1 zeigt zum Beispiel die Verknüpfung von Rasterbildern mit den Objekten der Datenbank.

## 2.2.2 Art der Datenerhebung?

Die Frage, wie die 3-D Daten für das urbane Modell erhoben werden, d.h. manuell,

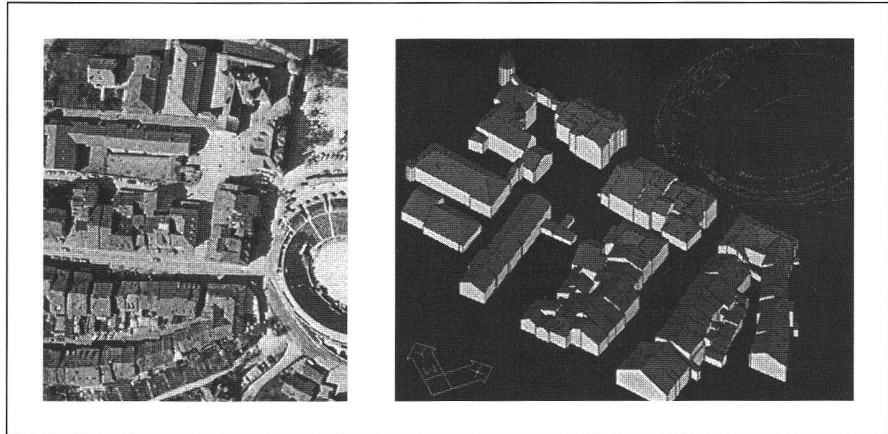


Abb. 2: Luftbild und AutoCAD-Darstellung vom Zentrum Avenches.

halb- oder vollautomatisch und mit welcher Genauigkeit, hängt - abgesehen von der zur Verfügung stehenden Hard- und Software - von verschiedenen anderen Faktoren ab: Art und Komplexität der erhobenen Daten, semantische und geometrische Auflösung, Genauigkeit der Datenerhebungsmethode und Repräsentation, Art und Qualität der Datenquelle usw. (Grün et al., 1993).

Für 3-D Stadtmodelle sind Dächer bzw. Gebäude die wichtigsten Objekte. Sie werden oft in dicht überbauten Gebieten oder Städten erhoben, die, besonders in Europa, sehr komplizierte, unregelmässige Dachstrukturen aufweisen (Abbildung 2). In diesem Fall sind automatische Datenerhebungsmethoden schwierig bzw. unmöglich und menschliches Eingreifen und Interpretieren unbedingt notwendig. Diese Überlegungen führten uns zu dem Konzept der manuellen oder, wenn immer möglich, halbautomatischen Erhebung. Die Messungen für das Projekt wurden daher manuell gemacht, aber den Prozess der Strukturierung der Daten versuchten wir soweit wie möglich zu automatisieren. In jedem Fall stellt sich hier das Problem der Akquisitionsgeneralisierung. Der Detaillierungsgrad bestimmt nicht nur die photogrammetrischen Projektdesignparameter, sondern ganz wesentlich auch den

Aufwand für die Messung und Strukturierung sowie die Erfolgchancen für eine Teilautomatisierung. Nicht zuletzt wird oft durch zu hohen Detaillierungsgrad der Umfang der Datensätze exponentiell vergrössert, was wiederum erhebliche Probleme bei der Manipulation dieser Daten im Onlinemodus verursacht. In jedem Fall ist es sehr empfehlenswert, den Detaillierungsgrad der Objekterfassung vor Projektbeginn verbindlich festzulegen.

## 3. Projekt «Avenches»

### 3.1 Erhebung von 3-D Vektordaten

«Avenches» in der Westschweiz war eines unserer Testgebiete (ca. 16 km<sup>2</sup>). Es wurden Befliegungen (c = 153 mm) in den Massstäben 1:15 000 (s/w) und 1: 5000 (farbig) durchgeführt, Längs- und Querüberdeckung betragen jeweils 60%.

In dem Testgebiet wurden 2.5-D und 3-D Vektordaten (Digitales Terrain Modell (DTM), Wasser- und Verkehrswege, Vegetation, Gebäude) im Rahmen einer vollständigen photogrammetrischen Auswertung und Interpretation am analytischen Plotter manuell erhoben. Als durchschnittliche Genauigkeit für diese Auswertung kann man 10 µm (im Bildmassstab) für die Lage und 0.01% der Flughöhe für die Höhe annehmen. Dem entsprechen bei den gegebenen Bildmassstäben Objektgenauigkeiten von 5-15 cm für die Lage bzw. 8-23 cm für die Höhe. Diese Werte genügten bei weitem den Anforderungen des Projekts. Die Parzellengrenzen wurden aus Karten digitalisiert. Alle Daten wurden auf AutoCAD übertragen. Die zeitaufwendigste Prozedur war dabei die manuelle Gebäudeextraktion. Vor allen Dingen im Zentrum von Avenches sind sehr komplizierte mittelalterliche Dachstrukturen vorhanden (Abbildung 2). Die 3-D Gebäudeextraktion (Messung und Strukturierung) geschah zunächst folgendermassen:

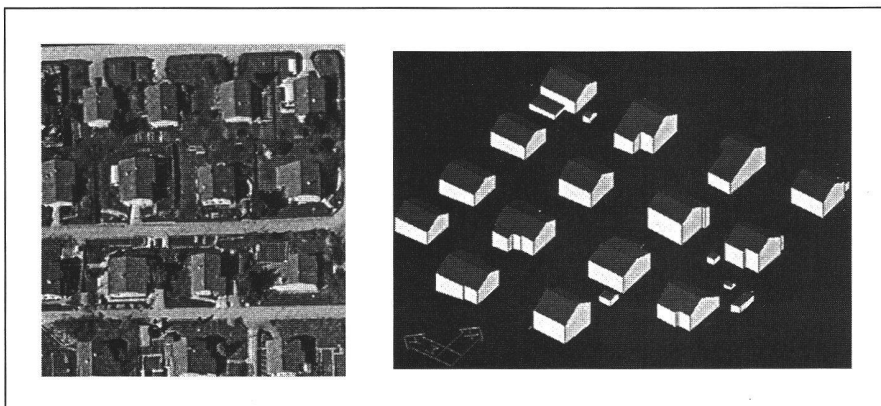


Abb. 3: Luftbild und AutoCAD-Darstellung vom suburbanen Avenches.

1. Messung der Dächer als Linien oder Polygone am Analytischen Plotter AC-3 (Mapping Software MAPCE)
2. Senkrechte Projektion der Dacheckpunkte auf das DTM, Strukturierung in MAPCE, Übertragung der Daten zum Programm AutoCAD.
3. Verbindung der Punkte mit gleichen XY-Koordinaten, d.h. Erstellung der vertikalen Hausecken.
4. Manuelle Generierung der Flächenmodelle in AutoCAD.

Um diese Prozedur zu vereinfachen, wurden die Schritte 1 bis 4 später modifiziert und automatisiert mit Hilfe eines in unserer Gruppe entwickelten «Topology Builders».

### 3.2 Gebäudemodellierung

Die manuell gemessenen (bzw. halb- oder vollautomatisch extrahierten) 3-D Dachpunkte stellen eine unstrukturierte Punktwolke dar. Diese Punkte mussten nun als AutoCAD-kompatible Flächen strukturiert werden, weil ansonsten Algorithmen wie «Shading» oder «Hidden Lines» nicht anwendbar gewesen wären. Diese Flächen können auch für die geometrische Lagekorrektur von Gebäuden in Orthobildern verwendet werden (s. Kapitel 3.4). Unter Vernachlässigung der Dachüberstände können die Flächen aus der Punktwolke automatisch mit Hilfe des «Topology Builders» gebildet werden (vgl. Dan, 1993, Grün et al., 1993). Für einfache Standard-Dachformen funktioniert der Algorithmus bereits vollautomatisch.

### 3.3 Akquirierung und Verarbeitung von Rasterdaten

Zusätzlich zu den 3-D Vektordaten wurden Rasterdaten erhoben. Es wurden Luftbilder gescannt und mit Hilfe von in unserer Gruppe entwickelter Software digitale Orthobilder und Folgeprodukte hergestellt (Baltsavias et al., 1992, Baltsavias, 1993, Grün et al., 1994, Wang et al., 1991). Für das gesamte Gemeindegebiet Avenches wurde ein Mosaik aus vier digitalen Orthobildern erzeugt. Die digitalen Orthobilder wurden dem DTM überlagert, so dass synthetische perspektivische 3-D Geländean-sichten entstanden. So wurden ganze Bildsequenzen für eine Video-Animation produziert, die mit Hilfe des Programms PolyTRIM (Public Domain Software, entwickelt an der Universität Toronto) erstellt wurde. In gleicher Weise konnten auch die Pixelkarten der Landestopographie dem DTM überlagert werden; so entstanden «3-D Pixelkarten». Die Pixelkarte kann ausserdem in einzelne Ebenen aufgeteilt werden, die dann wiederum mit einem Digitalen Orthobild kombiniert werden können.

Kapitel 4 zeigt einige Visualisierungsergebnisse für das Gebiet «Olten».

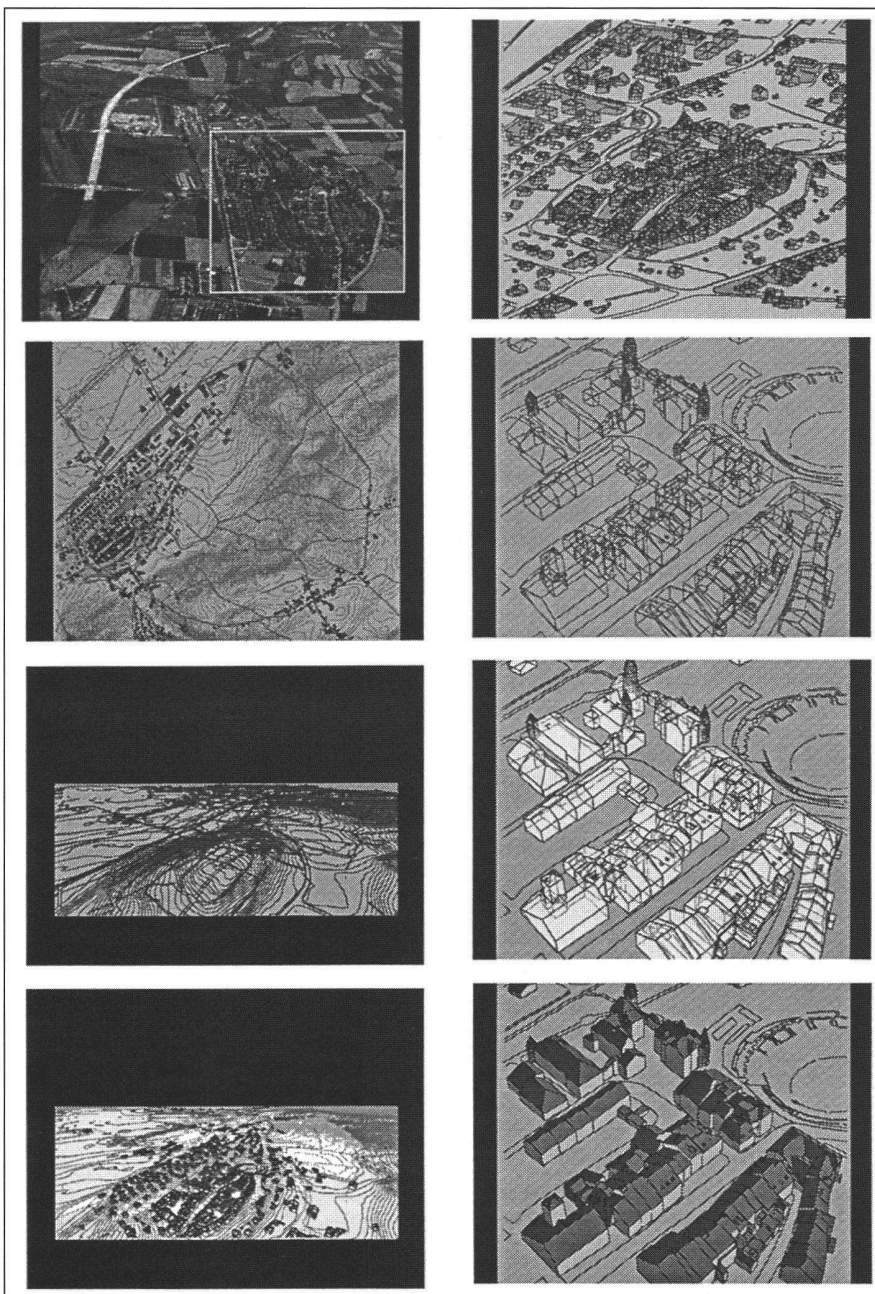


Abb. 4: Animation von Avenches-Daten. Präsentiert an der Ausstellung «Umwelt '92» der ETH Zürich.

Die Gruppe «CAAD» entwickelte für Präsentationszwecke im Rahmen einer Multimediaumgebung rasterbildbasierende Farbanimationen. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel, welches an der Ausstellung «Umwelt '92» der ETH Zürich präsentiert wurde.

### 3.4 Korrektur von Digitalen Orthobildern

Wie der Name schon sagt, besteht das «Digitale Terrain Modell» aus Objekten, die zu der Klasse «Gelände» gehören; es beinhaltet die Erdoberfläche, Wasseroberflächen, Strassen usw., d.h. alle Objekte, die konsistent und eindeutig mittels Höhenlinien dargestellt werden können. Der traditionelle Ansatz, um ein DTM

zu modellieren, ist 2.5-D, wobei angenommen wird, dass für jedes XY-Koordinatenpaar nur ein einziger Z-Wert existiert («single valued vector map»). Bei dieser Modellierung werden vertikale oder überhängende Objektteile wie bei Gebäuden, Brücken, Über- oder Unterführungen nicht richtig dargestellt, was in Orthobildern zu Falschabbildungen führt, wenn dieser DTM-Ansatz zur Herstellung des Orthobildes benutzt wurde (s. Abbildung 5a und 6). Brücken sind «eingestürzt», Gebäude sind teilweise «umgekippt», ihre Fassaden sind sichtbar, was nicht nur einen unerwünschten, falschen Eindruck hervorruft, sondern auch zu falschen Werten führt, wenn man diese Objekte im Orthobild ausmisst.



**Abb. 5a: Unkorrigiertes Orthobild. Die Häuser erscheinen «umgeklappt».**



**Abb. 5b: Korrigierte Dachlagen im Orthobild (zur Veranschaulichung weiss dargestellt).**



**Abb. 5c: Korrigierte Dachlagen in richtiger Grauwertdarstellung. Der «alte Dachrest» bleibt noch sichtbar bestehen.**

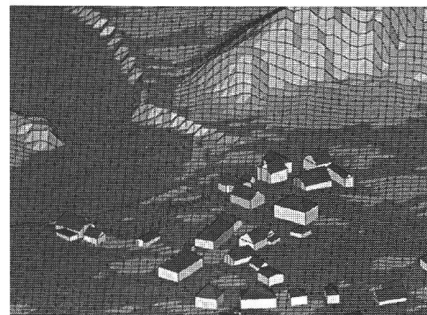
In Dan, 1993 und Grün et al., 1993 ist ein Ansatz zur geometrischen Lagekorrektur von Gebäuden in Digitalen Orthobildern beschrieben. Abbildung 5b und 5c zeigen die Ergebnisse dieser Prozedur. Sechs Dächer sind dort in ihre lagemässig korrekte Position verschoben worden. In letzterer Darstellung sind die sichtbaren Räume (Lücken) noch mit «alten» Dachpixeln besetzt. Momentan wird an der Entfernung der noch sichtbaren Reste des verzerrten Gebäudes und dem Ausfüllen dieser Lücken mit geeigneten Grauwerten sowie an der Beseitigung von störenden Schatten gearbeitet. Der Algorithmus wird in allgemeiner Form entwickelt, so dass er auch auf andere Objekte, die durch einfache Flächen beschrieben werden können (wie z.B. Brücken), angewendet werden kann.



**Abb. 6: Ausschnitt aus Abb. 10. Die «eingestürzte» Brücke ist deutlich sichtbar.**



**Abb. 8: Orthobild mit überlagerter Pixelkarten-Information.**

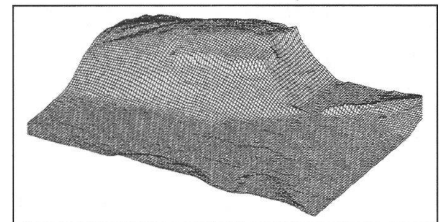


**Abb. 7: Kombinierte Darstellung von DTM und Gebäuden in AutoCAD.**

## 4. Visualisierung der Ergebnisse: Projekt «Olten»

Die Erfahrungen, die im Testgebiet «Avenches» gemacht wurden, wurden im Rahmen eines Nachfolgeprojekts auf ein grösseres Gebiet um Olten (ca. 100 km<sup>2</sup>) übertragen. Da das neue Gebiet sehr viel grösser ist als das Testgebiet Avenches, war es unrealistisch und nicht praktikabel, alle Daten so detailliert und genau wie beim Projekt «Avenches» zu erfassen. Es wurden daher unterschiedliche Abstraktionsgrade für die Bereiche «Entwurf» und «Analyse» festgelegt. Für den Bereich «Entwurf» wurden sogenannte «Brennpunkte» definiert, in denen Gebäude mit stark vereinfachter Dachlandschaft, das Relief, das Verkehrs- und Gewässersystem, die Vegetation und die Parzellen aus Luftbildern erhoben bzw. aus Karten digitalisiert wurden. Um nicht noch einmal eine

Befliegung durchführen zu müssen, wurde auf vorhandenes Bildmaterial (Farbbilder einer Befliegung von 1990 im Bildmassstab 1:15000) zurückgegriffen. Mit der Entscheidung, den Abstraktionsgrad zu erhöhen, muss sich gleichzeitig der Genauigkeitsanspruch reduzieren. Das System, d.h. die Kombination von Daten, Soft- und Hardware umfasste im Fall «Olten»:



**Abb. 9: Gittermodell eines Teils des benutzten DTMs.**

### *Digitales Terrain Modell:*

Das DTM ist eine Kombination aus DHM25 (DTM des «Bundesamtes für Landestopographie», Bern), ergänzt durch photogrammetrisch manuell gemessene Gitterpunkte und Bruchkanten (Ausschnitte siehe Abbildungen 7 und 9).

### *Ebenenstruktur:*

Strassen, Parzellen, Gebäude, Vegetation und Wasser wurden, wie in Kap. 3 beschrieben, erhoben und verarbeitet. Die Strukturierung der Häuser geschah hauptsächlich mit Hilfe des Topology Builders.

# Photogrammétrie et télédétection

## Datenbankfunktionalität:

Texte und Attribute wurden mit graphischer Information verknüpft. Es besteht die Möglichkeit, jederzeit Attribute von irgendeinem selektierten graphischen Element des Modells darzustellen bzw. Attribut-Abfragen zu definieren (z.B. zeige alle öffentlichen Gebäude, die vor 1950 gebaut wurden).

## 3-D Entwurfswerkzeuge:

Alle 3-D Entwurfswerkzeuge von AutoCAD und zusätzliche von der CAAD-Gruppe entwickelte Funktionen sind verfügbar.

## Visualisierung:

Zur Visualisierung stand eigenentwickelte Software (Abbildungen 9-12) sowie das Programm PolyTRIM zur Verfügung. PolyTRIM bietet die Möglichkeit der Echtzeit-Visualisierung, des Texture Mappings auf 3-D Objekten, der Herstellung von Video-Animationen und der Kombination von Vektor- und Rasterdaten.

## Multimedia Präsentation:

Das Programm Showcase erlaubt die Kombination von Graphiken, Rasterdaten, Videos und Ton.

## 5. Schlussfolgerungen

Die wichtigsten Ergebnisse und Erfahrungen der Photogrammetrie-Gruppe, die im Laufe dieses interdisziplinären Projekts erzielt wurden, können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ein Prototyp-System wurde entwickelt, das die Darstellung, die visuelle Manipulation, die Analyse und den Entwurf von urbanen Gebieten unterstützt.
- Ein möglichst genaues 3-D Stadtmodell ist eine Grundvoraussetzung für das System. Mit photogrammetrischen Methoden lassen sich die meisten Daten für solch ein 3-D Stadtmodell schnell und genau erheben.
- Ein Problem ist der Konflikt zwischen der gewünschten Genauigkeit für das 3-D Stadtmodell und der bequemen Handhabung der riesigen Datenmengen. Je genauer und detaillierter das Modell ist, desto grösser ist die Datenmenge, die verarbeitet werden muss.
- Da vor allem die Erhebung und Strukturierung der Gebäudedaten sehr zeitaufwendig war, entschied man sich auf Kosten der Repräsentationsgenauigkeit für einfache Massenmodelle.
- Die Datenerhebungs- und Strukturierungsprozeduren sollten so weit wie möglich automatisiert werden. Im Projekt wurden die Gebäudedaten manuell gemessen, aber ihre Strukturierung,

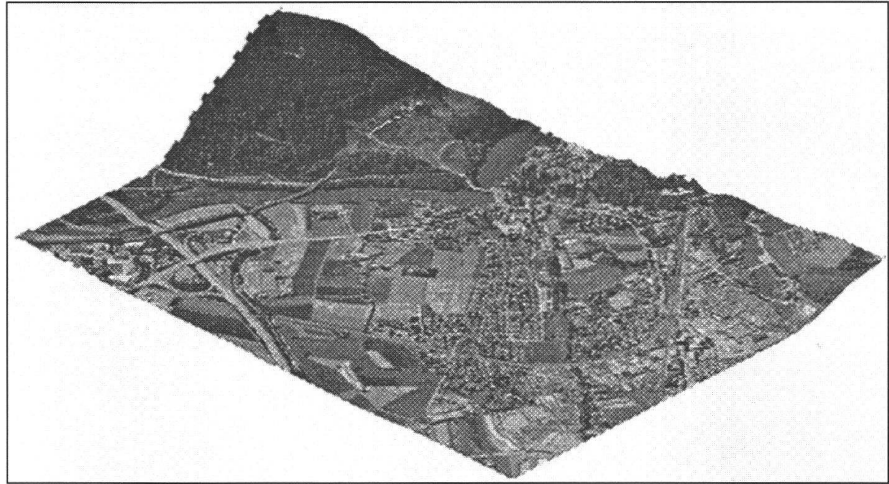


Abb. 10: Orthobild, dem DTM überlagert.

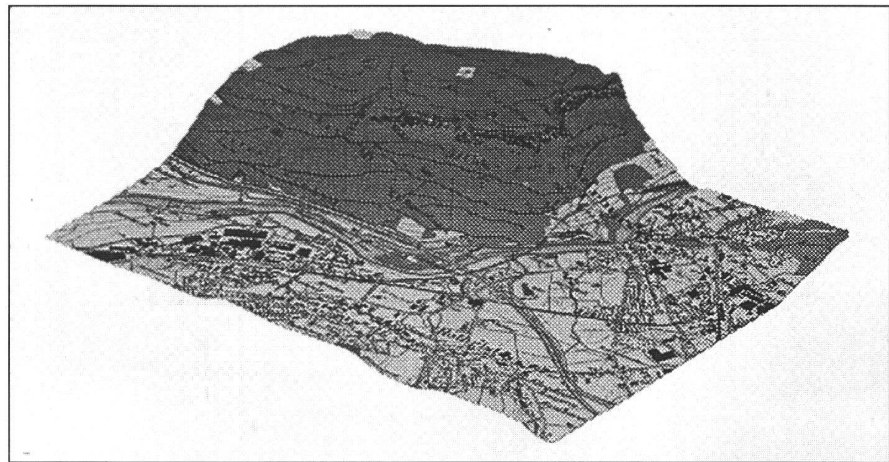


Abb. 11: 3-D Pixelkarte der topographischen Karte 1:25 000 (Auszug).

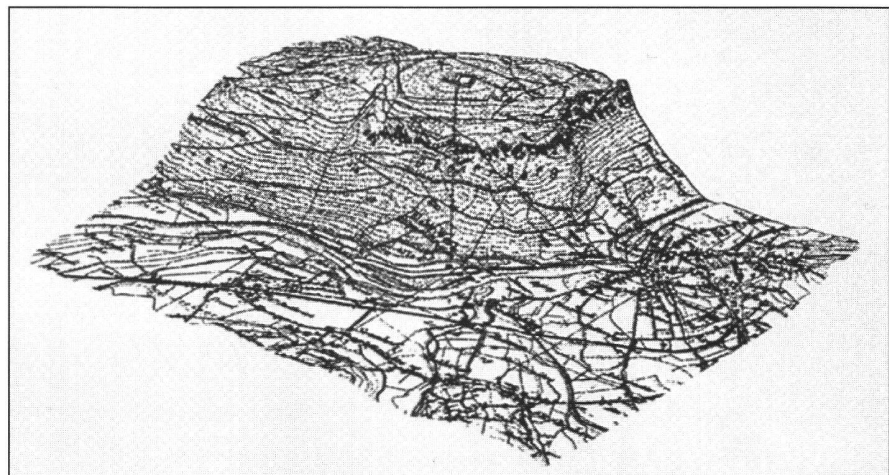


Abb. 12: 3-D alte Karte («Siegfriedkarte», 1930, Auszug).

d.h. die Modellierung der Gebäude wurde zumindest für einfache Dachformen automatisch mit Hilfe eines «Topology Builders» durchgeführt.

- Der Ansatz der Gebäudemodellierung kann auch zur geometrischen Lagekorrektur von Gebäuden in Digitalen Orthobildern genutzt werden.
- Es zeigte sich, dass die Kooperation

zwischen Architekten, GIS/CAD-Systemnutzern und Photogrammetern nicht nur für das Projekt sehr sinnvoll war, sondern auch für die Zukunft verstärkt notwendig sein wird.

- Der Nutzen des Systems für die Lehre wurde im Wintersemester 1993/94 in einem «Entwurfstudio» von Architekturstudenten getestet. Die Experimen-

tierfreude und Akzeptanz des Systems waren gross und die Ergebnisse sehr ermutigend.

## Danksagungen

Wir danken dem Schweizerischen Nationalfonds für die Unterstützung des Projekts «Geodatenverarbeitung zum CAAD-gestützten Analysieren und Entwerfen urbaner Entwicklungsräume» (NF-21-28969.90). Dem Bundesamt für Landestopographie, Bern, sei gedankt für die Bereitstellung von DTM- und Pixelkartenmaterial des Gebiets «Olten» und L. Hurni und H. Stoll (Institut für Kartographie, ETH Zürich) für das Scannen von Bildern am Optronics 5040 und für das Konvertieren der Pixelkartendaten in ein für uns passendes Format.

Schliesslich möchten wir noch die hervorragende Arbeit von Herrn Tanner, Mitarbeiter der Firma Auer und Clement, Chur, würdigen, der uns bei der manuellen Messung der Häuser im Innenstadtbereich von Avenches wesentlich unterstützte.

## Literatur:

Baltsavias, E., 1993: Integration of Orthoimages in GIS. Photogrammetrische Woche 1993, Fritsch/Hobbie (Eds.), Wichmann Verlag, Karlsruhe, S. 261-272.

Baltsavias, E., Grün, A., Meister, M., 1992: DOW - A System for Generation of Digital Orthophotos from Aerial and SPOT Images. EARSeL - Advances in Remote Sensing, Vol. 1, No. 3, Juli 1992, S. 105-112.

Dan, H., 1993: Abbildungskorrekturen für Häuser in digitalen Orthobildern. Interner Bericht, Institut für Geodäsie and Photogrammetrie, Februar 1993, ETH Zürich.

Dave, B., Schmitt, G., 1994: Spatial Data Environments. Presented at the International Workshop on Advances in Geographic Information Systems - IGIS '94, Ascona, Febr.-March 1994.

Förstner, W., 1993: 3-D Stadtmodelle. Proceedings und Papers des Seminars am Institut für Photogrammetrie, 14.-15. Oktober, Universität Bonn, Deutschland.

Grün, A., Stallmann, D., Streilein, A., Dan, H., 1993: Automation of House Extraction from Aerial and Terrestrial Images. Presented Paper at the Conference AUSIA '93, Wuhan, China, 19.-22. Oktober.

Grün, A., Baltsavias, E., Meister, M., 1994: Digitale Orthobilder und Terrain-Visualisierung. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Heft 3/94, S. 220-232.

Hirschberg, U., Meister, M., Neumann, F., 1993: Processing of Geographic Data for CAAD-Supported Analysis and Design of Urban Development Areas. Presented

Paper, ECAADE '93 (Education in Computer Aided Architectural Design), 11.-13. November, Eindhoven University of Technology, Niederlande.

Hirschberg, U., Meister, M., Neumann, F., 1994: Geodatenverarbeitung für Architektur und Städtebau. DISP (Zeitschrift des Instituts für Orts- Regional- und Landesplanung), ETH Zürich, No. 116/94, S. 9-16.

Schmitt, G., 1993: Archäologie, Photogrammetrie und Computer Aided Architectural Design (CAAD). VPK, Heft 3/93, S.136-139.

Shibasaki, R., Shaobo, H., 1992: A Digital Urban Space Model. Int. Arch. of Photogr. and Rem. Sens., Vol. 29-B4, S. 257-264.

Wang, S., Shanks, R., Katibah, E.F., 1991: Integrating low-cost digital orthophotography with ARC/INFO Rev. 6.0. Presented Paper at the 11th Annual ESRI User Conference, 20.-24. Mai, 1991, Palm Springs, Kalifornien.

Adresse der Verfasser:

Prof. Dr. A. Grün  
M. Sinning  
Institut für Geodäsie und  
Photogrammetrie  
ETH Höggerberg  
CH-8093 Zürich

## Automatisches Baunivellier Ni 50

Zuverlässig auf jeder Baustelle



Das Ni 50 von Carl Zeiss ist für den harten Einsatz besonders geeignet, weil

- das gasgefüllte Fernrohr Schutz gegen Wasser und Staub bietet,
- der orientierbare Teilkreis staubgeschützt eingebaut ist,
- der robuste, automatische Kompensator zuverlässig die Ziellinie horizontalisiert,
- die integrierte Sonnenblende den Beobachter schützt.

Nivelliere von Carl Zeiss, Garanten für schnelle und genaue Höhenbestimmung. Verlangen Sie weitere Unterlagen.

**GeoASTOR**  
VERMESSUNGSTECHNIK

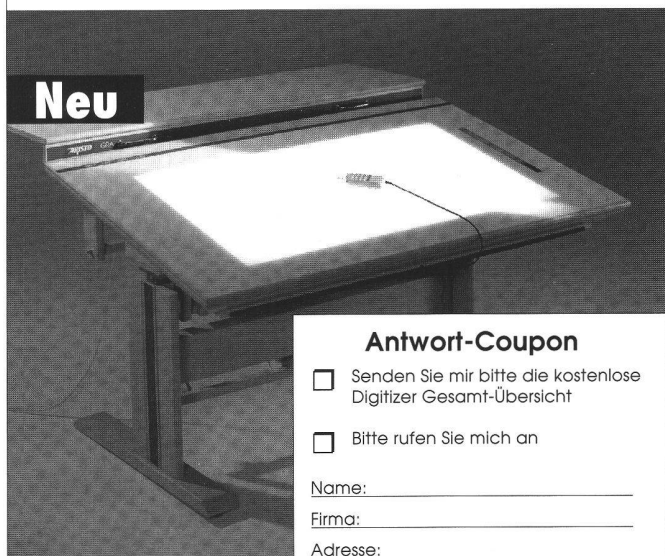
GeoASTOR AG  
Zürichstrasse 59a · CH-8840 Einsiedeln  
Tel. 055 / 52 75 90 · Fax 055 / 52 75 91

## Durchleucht-Digitizer

# ARISTO hiGRID-Familie

jetzt noch attraktiver  
mit den neuen Präzisions-Durchleucht-Digitizern  
im Format Super A2 und Super A1

**Neu**



### Antwort-Coupon

Senden Sie mir bitte die kostenlose Digitizer Gesamt-Übersicht

Bitte rufen Sie mich an

Name: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

**rotring (Schweiz) AG**  
Postfach  
CH-8953 Dietikon  
Tel. 01/740 20 21  
Fax 01/742 10 52

Einsenden an: **rotring (Schweiz) AG**,  
Postfach, CH-8953 Dietikon,  
Tel. 01/740 20 21, Fax 01/742 10 52